

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Borna Bogović**

**Analiza tramvajske linije 1 Zapadni kolodvor – Borongaj u Zagrebu**

**ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, rujan 2019.

Zagreb, 25. ožujka 2019.

Zavod: **Zavod za gradski promet**  
Predmet: **Tehnologija gradskog prometa I**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 5045**

Pristupnik: **Borna Bogović (0135241023)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Gradski promet**

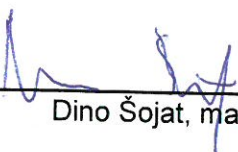
Zadatak: **Analiza tramvajske linije 1 Zapadni kolodvor - Borongaj u Zagrebu**

### **Opis zadatka:**

U završnom radu potrebno je analizirati navedenu liniju gradskog prijevoza putnika prometno-tehnološki, tako da se obuhvati položaj linije u urbanom prostoru, statički i dinamički elementi linije, putnički tokovi, iskorištenost ponuđenog kapaciteta, brzine putovanja i vremena putovanja u usporedbi s voznim redom za karakteristična opterećenja tokom dana.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

  
\_\_\_\_\_  
Dino Šojat, mag. ing. traff.

\_\_\_\_\_

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

**ZAVRŠNI RAD**

Analiza tramvajske linije 1 Zapadni kolodvor – Borongaj u Zagrebu

Analysis of Tram Line 1 Zapadni kolodvor – Borongaj in the City of Zagreb

Mentor: Dino Šojat, mag. ing. traff.

Student: Borna Bogović, 0135241023

Zagreb, rujan2019.

## NASLOV

Analiza tramvajske linije 1 Zapadni kolodvor – Borongaj

## SAŽETAK

Ovaj rad se temelji na analizi tramvajske linije 1 u Zagrebu. Opisani su statički i dinamički elementi i glavne karakteristike linije. Cilj rada je na temelju brojanja putnika na liniji u vršnim satima utvrditi iskorištenost linije, izraditi detaljnu analizu i predočiti stanje linije koristeći se formulama, grafikonima i tablicama izrađenim na temelju stvarnih podataka.

## KLJUČNE RIJEČI

Analiza, dinamički elementi, javni gradski prijevoz, prijevozni proces, statički elementi, tramvajska linija

## TITLE

Analysis of Tram Line 1 Zapadni kolodvor – Borongaj in the City of Zagreb

## ABSTRACT

This paper is based on the analysis of tram line 1 in the City of Zagreb. All static and dynamic elements are described, as well as the main characteristics of the line. The goal of this paper is to determine the usage of tram line based on the number of passengers during peak periods, to make a detailed analysis, and to give insight on state of the tram line using formulas and diagrams based on the data.

## KEYWORDS

analysis, dynamic elements, static elements, public transport, transport process, tram line

## SADRŽAJ

1	UVOD .....	1
2	PREGLED PRIJEVOZNOG PROCESA NA LINIJI JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA.....	2
3	JAVNI GRADSKI PRIJEVOZ GRADA ZAGREBA .....	7
4	METODOLOGIJA PRIKUPLJANJA I OBRADE PODATAKA.....	11
5	PROSTORNI OBUHVAT LINIJE I STATIČKI ELEMENTI .....	12
5.1	Terminali.....	15
5.2	Stajališta .....	17
5.3	Razmaci .....	18
6	IZMJENA PUTNIKA I POPUNJENOST VOZILA.....	20
6.1	Izmjena putnika .....	20
6.2	Popunjenost vozila .....	23
7	VREMENA U PRIJEVOZNOM PROCESU .....	27
8	BRZINE I PRIJEVOZNA PONUDA LINIJE.....	30
9	ZAKLJUČAK.....	32
	LITERATURA .....	33
	POPIS SLIKA I TABLICA.....	35

# 1 UVOD

Problem gradskog prijevoza je skup međusobno povezanih problema. Glavne kategorije problema su zagušenost, pokretljivost i vanjski utjecaj. Javni gradski prijevoz uvelike utječe na društvo jer zbog današnjih trendova, života i rada u gradu te globalizacije, dolazi do velike potrebe mobilnosti putnika.

Cilj rada je predočiti stanje na liniji 1 Zapadni kolodvor – Borongaj. Metodologijom prikupljanja i obrade podataka o izmjeni putnika i popunjenosti vozila tijekom jutarnjeg i popodnevnog vršnog sata utvrditi iskorištenost ponuđenog kapaciteta linije, analizirati brzine i vremena u prijevoznom procesu. Tema i svrha ovoga rada je poboljšanje ponuđenog kapaciteta i iskoristivosti tramvajske linije 1 Zapadni kolodvor – Borongaj.

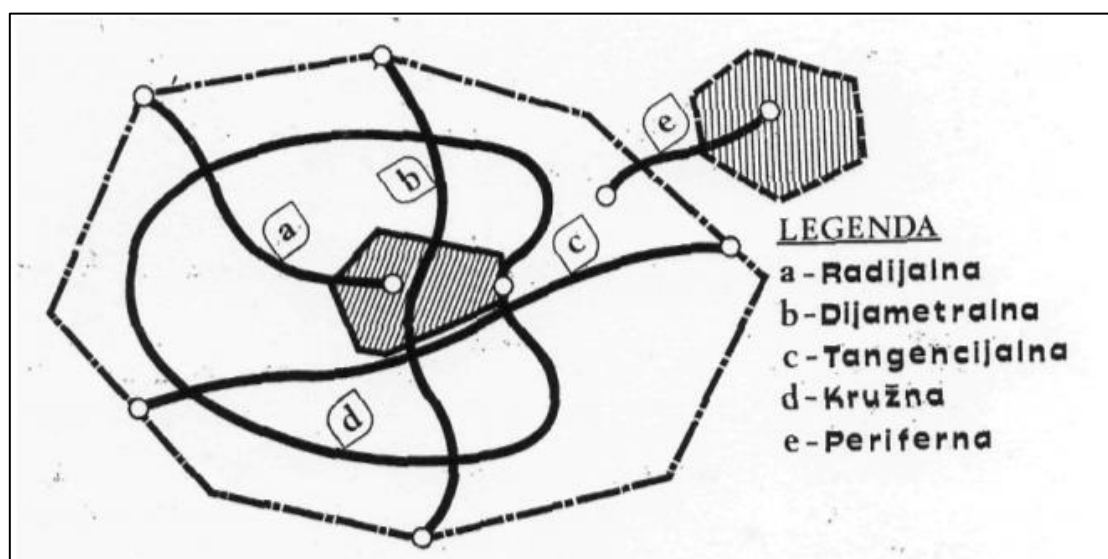
Rad je podijeljen u devet cjelina. Nakon uvoda u rad, poglavlje 2 definira prijevozne procese na liniji javnog gradskog putničkog prijevoza u kojem su definirani statički i dinamički elementi linije, vremena, brzine i popunjenosti u javnom gradskom prijevozu. Poglavlje 3 opisuje davatelja usluge javnog prijevoza u Gradu Zagrebu. Metodologija obrade i prikupljanja podataka za analizu se nalazi u poglavlju 4. Terminali, stajališta i razmaci linije 1 opisani su u poglavlju 5. Poglavlje 6 daje uvid u izmjenu putnika i popunjenosti vozila. Vremena prijevoznog procesa opisana su u poglavlju 7. U poglavlju 8 analizirane su brzine prijevoznog procesa. Zaključno poglavlje podrazumijeva zaključna razmatranja.

## 2 PREGLED PRIJEVOZNOG PROCESA NA LINIJI JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA

Mreža linija predstavlja glavnu komponentu infrastrukture sustava javnog prijevoza. To su linije gradskog prijevoza neke urbane sredine koje se međusobno preklapaju ili presijecaju. Uslugu javnog prijevoza obavljaju prijevozna sredstva koja prometuju linijama po unaprijed utvrđenom voznom redu i trasi. Linija javnog prijevoza je dio mreže linija koja je koordinirana za učinkovito prometovanje. Sastoji se od trase, stajališta i terminala [1].

U okviru mreže linija javnog gradskog putničkog prijevoza postoji više vrsta linija. Funkcija linija i njihov broj ovisi o obliku grada, konfiguracije terena te razmještaja i konfiguracije aktivnosti. Većina linija ima nepravilni oblik, no mogu se svrstati u nekoliko osnovnih vrsta [2]:

- radijalne;
- dijametralne;
- tangencijalne;
- obodne;
- kružne ili prstenaste;
- linije petlji;
- glavne linije s odvojcima i sabirnim linijama.



Slika 1. Shematski prikaz klasifikacije linija JGP-a. Izvor [2]

Slika 1 prikazuje vrste linija prema načinu pružanja. Radijalna linija povezuje središte grada s periferijom i slijedi glavne linije želja putnika putovanja. Kako se linija udaljava prema periferiji broj putnika se smanjuje. Dijametralne linije povezuju dvije periferije grada i pritom prolaze kroz središte. Pošto opslužuju šire područje vrlo je važno imati veću mogućnost transfera s drugim linijama. Tangencijalne linije povezuju dva periferna dijela grada, ali za razliku od dijametralnih linija, ne prolaze središtem grada. Obodne linije prometuju oko centra grada, presijecaju radijalne i dijametralne linije te se na točkama presijecanja vrše transferi putnika. Kružne ili prstenaste petlje nude izravne veze među brojnim različitim područjima aktivnosti jer putnici putuju na kraće relacije. Pružaju izravnu vezu između područja srednje do velike gustoće oko središta grada. Linije petlji čine zatvoreni krug na kraju linije obično s jednosmjernim smjerom kretanja. Specifične su po tome što imaju samo jedan terminal. Putnici ih koriste za kratke duljine putovanja. Glave linije s odvojcima prometuju od središta grada prema obodnim mjestima na liniji djelići se u veći broj linija s manjim opterećenjima.

Statički elementi linije u javnom gradskom putničkom prometu su:

- razmaci;
- terminali;
- stajališta.

Trasa linije je putanja između dva terminala. Prolazi određenim ulicama ili prigradskim prometnicama koje ispunjavaju uvjete za prometovanje. Trasa se poklapa s osnovnim tokovima kretanja putnika između terminala A i B. Terminal A je terminal koji se nalazi bliže centru grada. Zbog razlika u regulaciji prometa trasa između dva terminala ne mora biti nužno ista u oba smjera.

Terminali su krajnje stanice na linijama koje služe vozilu za promjenu smjera, izravnanje vremenskih neravnomjernosti u kretanju vozila koje su nastale kao posljedica zastoja ili zagušenja u prometu te kao točke za kontrolu točnosti kretanja vozila u odnosu na vozni red. Terminali se obično nalaze na značajnom mjestu gdje gravitira veći broj ljudi.

Stajališta su mjesta na mreži koja služe za izmjenu putnika. Mogu biti stalna i prema potrebi. Na stalnom stajalištu vozila se obavezno moraju zaustaviti neovisno ima li putnika ili ne. Na stajalištima prema potrebi vozač nije dužan stati, već se zaustavlja ako ima putnika za ulazak



ili izlazak. Stalna stajališta se nalaze na gradskom području dok se stajališta prema potrebi obično nalaze na područjima s manjom frekvencijom putnika.

Duljina linije je jednosmjerna udaljenost između dva terminala (početnog A – bližeg centru i B – daljeg od centra), izražena u kilometrima bez obzira na to prometuje li linija sama ili se preklapa s drugim linijama [1]. Dinamički elementi prometne usluge na liniji se utvrđuju voznim redom koji se mijenja prema prijevoznim zahtjevima na liniji. Dije se na osnovne dinamičke elemente, a to su broj vozila i vrijeme obrta te na izvedene elemente, interval vozila i frekvencija [2]. Broj vozila na liniji predstavlja broj vozila na radu koji se određuje redom vožnje na osnovi prijevoznih zahtjeva i mijenja se u skladu s promjenom zahtjeva u prijevozu putnika. Osnovni parametri za izračun su brzina, gustoća i protok.

Vrijeme obrta je vrijeme potrebno da vozilo napravi cijeli obrt. Vremena koja uključujemo u izračun su:

- vrijeme vožnje ( $t_v$ );
- vrijeme čekanja na ulazak i izlazak putnika ( $t_{\text{čui}}$ );
- vrijeme provedeno na terminusima ( $t_t$ ).

Izvedeni dinamički elementi su frekvencija i interval. Interval je vremenski razmak između dva uzastopna vozila na liniji. Izračunava se kao omjer vremena obrta i broja vozila na radu, a mjerna jedinica je minuta po vozilu. Formula koja opisuje interval glasi:

$$i = \frac{T_o}{N} \quad (1)$$

Frekvencija ili učestalost definira se kao ukupan broj vozila koja u određenom vremenskom intervalu prođu kroz određenu točku linije. Najčešći vremenski interval koji se uzima je jedan sat. Frekvencija je odnos broja vozila i vremena praćenja, mjerna jedinica je vozila po satu, a formula kojom se opisuje frekvencija glasi:

$$f = \frac{N}{T_o} \quad (2)$$

Pojam i definicija brzine može se promatrati u odnosu na: prijevozno sredstvo, predmet prijevoza i put. Najveća brzina ( $V_{\text{max}}$ ) je najveća brzina koju vozilo može postići i održati na vodoravnoj stazi dužine jednog kilometra. Određena je konstrukcijom vozila i njegovim karakteristikama. Kod cestovnih vozila može se dobiti računskim putem ako su poznate

karakteristike vozila. Ova brzina obavlja se pod punim opterećenjem vozila pri idealnim uvjetima u oba smjera na istom putu. Projektna ili računska brzina ( $V_r$ ) je brzina prema kojoj se izvode elementi prilikom gradnje ili rekonstrukcije postojećeg puta. Cilj je postići na što većem dijelu puta istu vrijednost brzine. Dozvoljena brzina ( $V_d$ ) je najveća propisana brzina koja je dopuštena za kretanje vozila na dionici puta. Određuje se na osnovi projektne brzine i uvjeta prometa  $V_d < V_r$ . Prometna brzina predstavlja prosječnu brzinu koje vozilo ostvari u kretanju između dvije točke. Prijevozna brzina ili brzina putovanja ( $V_p$ ) je prosječna brzina koju vozilo ostvari prilikom kretanja između dva terminusa, odnosno između početne i krajnje točke puta. Brzina obrta ( $V_o$ ) dobije se kao odnos dvostruke dužine linije i vremena obrta. U uvjetima linijskog prijevoza služi za izračunavanje trajanja obrta i izradu reda vožnje za cijelu liniju kao i za svako vozilo pojedinačno. Eksploatacijska brzina ( $V_e$ ) dobije se kao odnos ukupnog prijeđenog puta tijekom dana (mjeseca godine) s vremenom koje je vozilo provelo na radu uključujući i odlazak i dolazak u garažu i sve gubitke (kvarovi, servisi...). Značajna je za ocjenu ukupnog korisnog kretanja vozila kao i za bolje iskorištenje voznog osoblja [3].

Udaljenost između stajališta uvelike određuje brzinu prijevoza na liniji, koja utječe na kvalitetu pružanja usluge putnicima. Maksimalna brzina je sekundarna. Pri odlučivanju o broju stajališta na liniji, važno je spoznati da svako stajalište izaziva gubitak vremena zbog: kočenja pri približavanju stajalištu, ulazaka i izlazaka putnika i ponovnog ubrzavanja do optimalne brzine vožnje [4].

Bitan segment u procesu prijevoza na liniji javnog gradskog prijevoza čine vrijeme vožnje, vrijeme zadržavanja na stajalištima i vrijeme zadržavanja na terminalima. Najbolje ih je računati za jedan smjer na liniji. Sastavni dijelovi vremena poluobrtu su vrijeme vožnje i vrijeme zadržavanja na stajalištima. Vremena vožnje i poluobrtu moraju se izmjeriti dok se vrijeme zadržavanja na terminalima dobije oduzimanjem vremena poluobrtu i vremena vožnje. Problem nastaje kada vozilo prekorači vrijeme vožnje i zadržavanja na stajalištima jer u tom slučaju vozilo kasni i mora nadoknađivati kašnjenje na sljedećem poluobrtu.

Popunjenost vozila se izražava kao gustoća stajaćih putnika. Najčešće se u praksi popunjenost dobije dijeljenjem broja putnika sa sjedećim mjestima. To je neprecizna metoda jer postoje različiti standardi za određivanje broja stajaćih mjesta (četiri putnika po metru kvadratnom, šest putnika po metru kvadratnom). Popunjenost se definira pravilnikom E/ECE/324 [5] – ako

je  $c$  broj putnika koji se u određenom trenutku nalazi u vozilu ( $\text{put voz}^{-1}$ ), a  $g$  gustoća stajaćih putnika u istom trenutku ( $\text{put m}^{-2}$ ) tada vrijedi:

$$c_g = s + pg \Leftrightarrow g = \frac{c_g - s}{p} \quad (3)$$

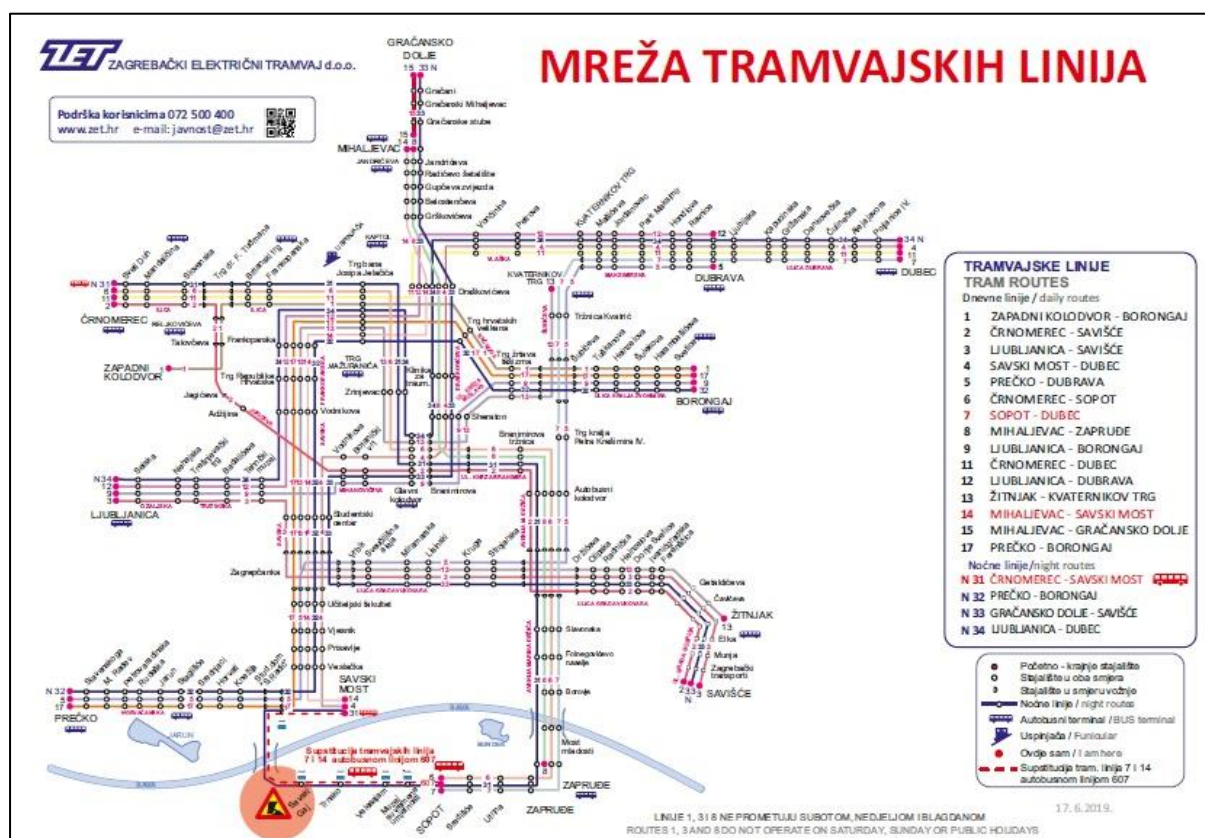
Postoje klasifikacije popunjenosti vozila prema različitim metodologijama. V. Vuchic [6] definira dojam popunjenosti vozila za putnike prema gustoći stajaćih putnika, pri tome negativna gustoća stajaćih putnika u vozilu označava da nisu popunjena sva sjedeća mjesta. Popunjenost praznog vozila je rezultat između podijeljenih sjedećih mjesta i stajaće površine (Tablica 1).

*Tablica 1. Dojam popunjenosti vozila za putnike Izvor: [6]*

<i>gustoća stajaćih putnika u putnicima po metru kvadratnom</i>	<i>stajanje</i>	<i>kretanje kroz vozilo</i>
1.0	neometano	lako
2.5	uz povremene doticaje	uz ometanje drugih putnika
4.0	uz česte doticaje	otežano
5.0	neudobno	vrlo otežano
7.0	vrlo neudobno	izrazito otežano uz moguće ozlijede

### 3 JAVNI GRADSKI PRIJEVOZ GRADA ZAGREBA

Javni gradski prijevoz je masovni prijevoz putnika u gradskom prometu, koji pod jednakim javno obavljenim uvjetima pruža uslugu korisnicima prijevoza. Javni gradski prijevoz putnika djeluje u složenom gradskom prostoru i zadatak mu je povezivanje udaljenih prostora i raznih sadržaja prevozeći putnike. Osnovna karakteristika javnog prijevoza je dostupnost njegovih prijevoznih kapaciteta svakome tko plati cijenu prijevoza prema utvrđenoj tarifi [7].



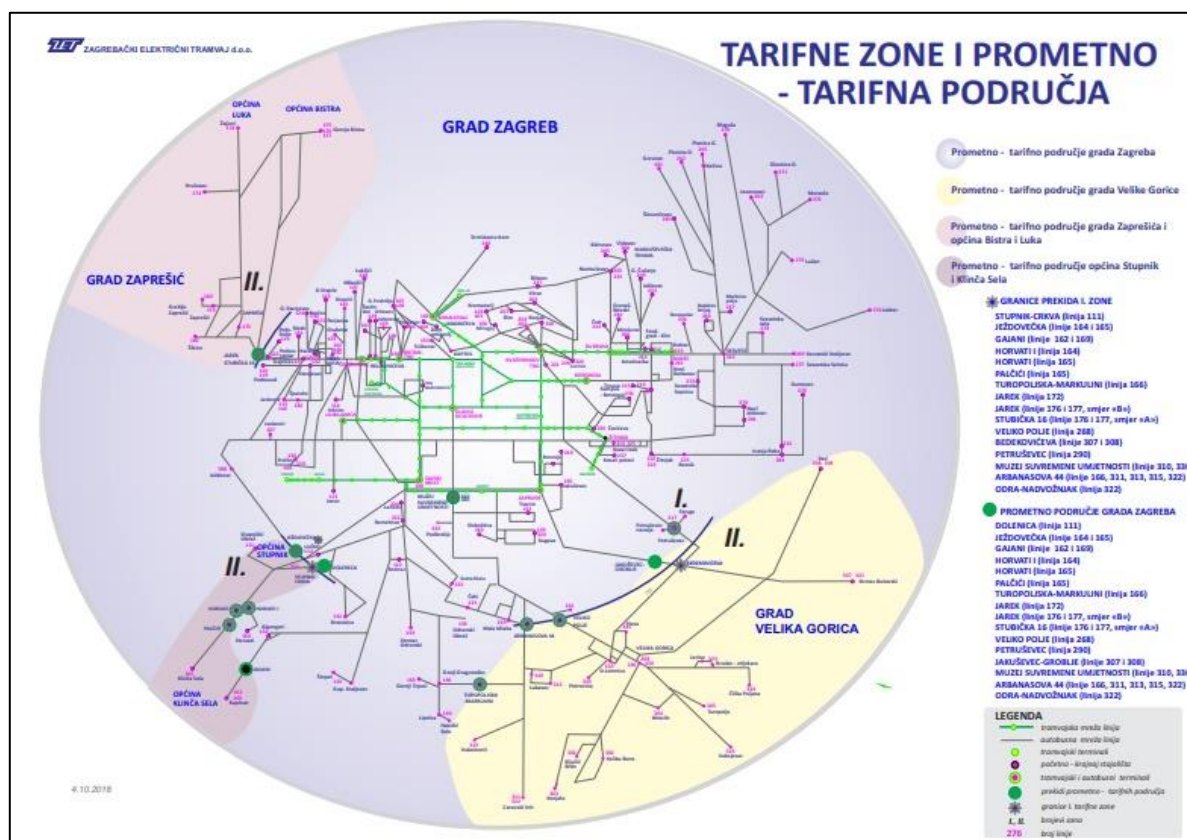
Slika 2. Mreža tramvajskih linija. Izvor: [8]

Javni gradski prijevoz u gradu Zagrebu sastoji se od tramvajske i autobusne mreže, taxija i prigradskih vlakova. Najveći dio javnog gradskog prijevoza obavlja Zagrebački električni tramvaj (ZET). ZET je trgovačko društvo u vlasništvu Grada Zagreba i podružnica trgovačkog društva Zagrebački holding. Grad Zagreb osigurava ZET – u 70% financijskih prihoda. Prijevoz se vrši u Gradu Zagrebu te u dijelu Zagrebačke županije. Vozni park se sastoji od [9]:

- 227 tramvajskih vozila, od čega 142 niskopodna;
- 410 autobusnih vozila, prosječne starosti 8 godina;

- 21 vozilo za prijevoz osoba s invaliditetom i djece s poteškoćama u razvoju;
- autobusa za prijevoz djece;
- uspinjača;
- turističkih tramvaja;
- turističkih panoramskih autobusa;
- turističkih vlakića.

Mrežu tramvajskih linija (Slika 2) čine 15 dnevnih i 4 noćne linije ukupne duljine 116 km. Širina kolosijeka iznosi 1000 mm. Mreža autobusnih linija sastoji se od 146 dnevnih i 4 noćne linije. Autobusna mreža je podijeljena u dvije tarifne zone što prikazuje Slika 3. Prva zona je Grad Zagreb dok u drugu zonu ulaze općine Klinča sela, Stupnik, Bistra i Luka te gradovi Zaprešić i Velika Gorica.



Slika 3. Tarifne zone. Izvor: [10]

Naplata prijevoza vrši se putem papirnatih karata i pretplatnih karata (koje mogu biti zamjena za papirnate pojedinačne karte te mjesečne i godišnje karte). Papirnate karte se mogu kupiti u vozilu, ZET – ovim prodajnim mjestima (koji se osim u Zagrebu nalaze u Zaprešiću i Velikoj

Gorici) i kioscima Tiska i iNovina. Valjanost pokaza ili pretplatne karte može se produljiti nadoplaćivanjem na prethodno navedenim mjestima, osim u vozilima gdje to nije moguće.



*Slika 4. Pretplatna karta. Izvor: [11]*

Na pretplatnu kartu (Slika 4) može se staviti novac (koji se koristiti za kupovanje elektroničkih karata na uređajima u vozilu) dok se mjesečna i godišnja karta naplaćuju po unaprijed određenim cijenama. Cijena mjesečne karte iznosi 360 HRK, a godišnje 3480 HRK. Osnovnoškolcima, srednjoškolcima, studentima i umirovljenicima se dio mjesečnih i godišnjih karata sufinancira, pa je cijena manja.

Slika 5 prikazuje vrste papirnatih karata, a dijele se na:

- višednevnu kartu – 3 dana 70 HRK, 7 dana 150 HRK, 15 dana 200 HRK i 30 dana 400 HRK;
- 30 – o minutnu kartu – cijena je 4 HRK, u vozilu 6 HRK;
- 60 – o minutnu kartu – cijena je 7 HRK, u vozilu 10 HRK;
- 90 – o minutnu kartu – cijena je 10 HRK, u vozilu 15 HRK;
- pojedinačna karta u noćnom prometu – cijena je 15 HRK;

Problem javnog gradskog putničkog prijevoza je integriranost na uličnu mrežu. Tramvajske linije su nekim dijelom odvojene od ostalog prijevoza (cijeli Novi Zagreb, Zvonimirova ulica,...). Autobusna mreža je praktično potpuno integrirana s ostalim prometom. Postoje žute trake koje odvajaju javni od privatnog prometa, ali su neučinkovite jer za vrijeme vršnih sati ostala

vozila prometuju njima čime nastaje zagušenje te kašnjenje u javnom prijevozu. To nije slučaj samo za autobusni prijevoz nego i za tramvajski. Zagušenjem dolazi do velikog pada brzina vožnje i povećanja vremena putovanja. Javni prijevoz trebao bi biti stavljen na prioritarno mjesto, samim time bi se i povećao broj korisnika.



Slika 5. Papirne karte. Izvor: [12]



## 4 METODOLOGIJA PRIKUPLJANJA I OBRADE PODATAKA

Prikupljanje i obrada podataka provodili su se pomoću GPS lokatora SEEWORLD GP – 740FL (Slika 6). Podaci su se prikupljali u jutarnjem i popodnevnom vršnom opterećenju. Jutarnje mjerenje se obradilo 18.10.2018.godine u 06:57 s terminala Zapadni kolodvor u smjeru Borongaja te u suprotnom smjeru u 07:27 istog dana s terminala Borongaj prema Zapadnom kolodvoru. 24.04.2019. odradilo se popodnevno prikupljanje s početkom u 16:05 sa Zapadnog kolodvora prema Borongaju te u suprotnom smjeru s početkom u 16:36 istog dana.



*Slika 6. Korišteni lokator GPS signala. Izvor: [13]*

Lokatori su se uključili prilikom čekanja na ukrcaj u tramvajsko vozilo te su pratili trasu linije dok su se u isto vrijeme ručno bilježili ušli i izašli putnici iz vozila na stajalištima. Nakon terenskog rada pristupilo se obradi podataka s GSP lokatora. Pomoću programa „CanWay“ dobili smo datoteku na kojoj je bilo vidljivo vrijeme i položaj očitanih koordinata. Datoteku smo uveli na „Google Earth Pro“ koja nam je iscrtala put na karti. Pomoću koordinata i vremena dolaska i odlaska sa stajališta izračunala se brzina, vrijeme putovanja, vrijeme obrta i poluobrt, razmaci između stajališta te ostali elementi.



## 5 PROSTORNI OBUHVAT LINIJE I STATIČKI ELEMENTI

Tramvajska linija broj 1 kreće s terminala Zapadni kolodvor, na kojem se ne vrši izmjena putnika te završava na terminalu Borongaj. Početak linije je u Hanuševoj ulici, gdje je prva stanica na kojoj se putnici ukrcavaju u vozilo, nastavlja se u Ulici Republike Austrije do Ilice. Prometuje Ilicom do Trga bana Josipa Jelačića te nastavlja preko Jurišićeve ulice i Ulice Franje Račkog do Trga žrtava fašizma. S Trga žrtava fašizma skreće u Ulicu kralja Zvonimira kojom prometuje do Trga Johna F. Kennedyja. Nastavlja se preko Ulice Budak Divka do terminala Borongaj. U Ulici kralja Zvonimira tramvajski je promet fizički odvojen od cestovnog prometa zelenim pojasom.

Gradske četvrti koje linija obuhvaća su:

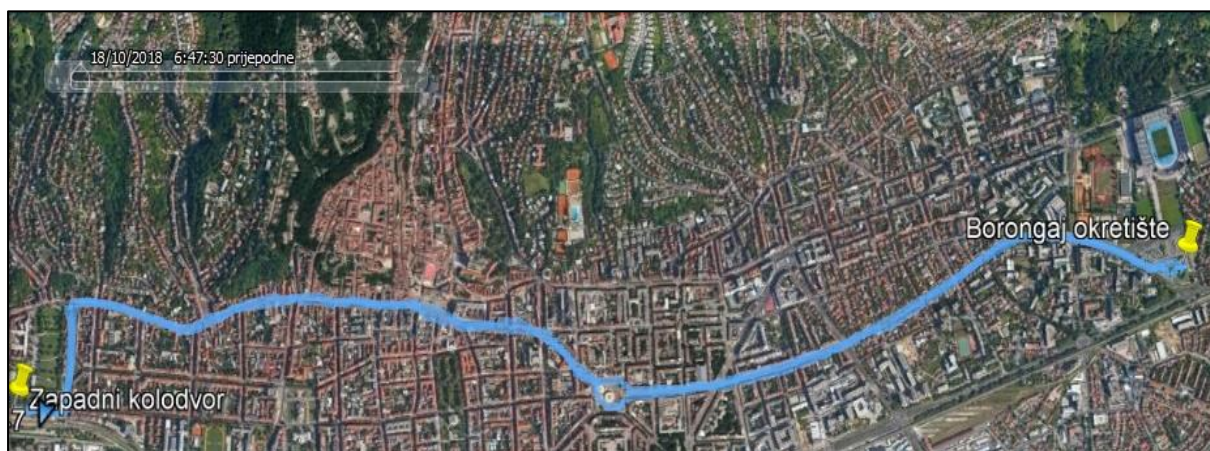
- Črnomerec;
- Donji Grad;
- Maksimir.

Glavni koridori linije 1 su Ilica i Ulica kralja Zvonimira jer se većina putovanja odvija u njima.

Linija 1 je u interakciji s drugim linijama na mreži, a te linije su:

- linija 2 (Črnomerec – Savišće) – prometuju zajedno Ulicom republike Austrije;
- linija 6 (Črnomerec – Sopot) – prometuju Ilicom do Trga bana Josipa Jelačića, linija 6 skreće u Prašku ulicu;
- linija 9 (Ljubljana – Borongaj) – prometuju od Trga žrtava fašizma do terminala Borongaj;
- 11 (Črnomerec – Dubec) – prometuju zajedno Ilicom do križanja Jurišićeve ulice gdje linija 11 skreće u Draškovićevu ulicu;
- linija 12 (Ljubljana – Dubrava) – prometuju od križanja Frankopanske ulice i Ilice do križanja Jurišićeve ulice gdje se odvajaju;
- linija 13 (Kvaternikov trg – Žitnjak) – prometuju od križanja Frankopanske ulice i Ilice do Trga bana Josipa Jelačića te od Trga žrtava fašizma do Šubićeve ulice;
- linija 14 (Mihaljevac – Savski most) – prometuju od križanja Frankopanske ulice i Ilice do križanja Jurišićeve ulice gdje se odvajaju;

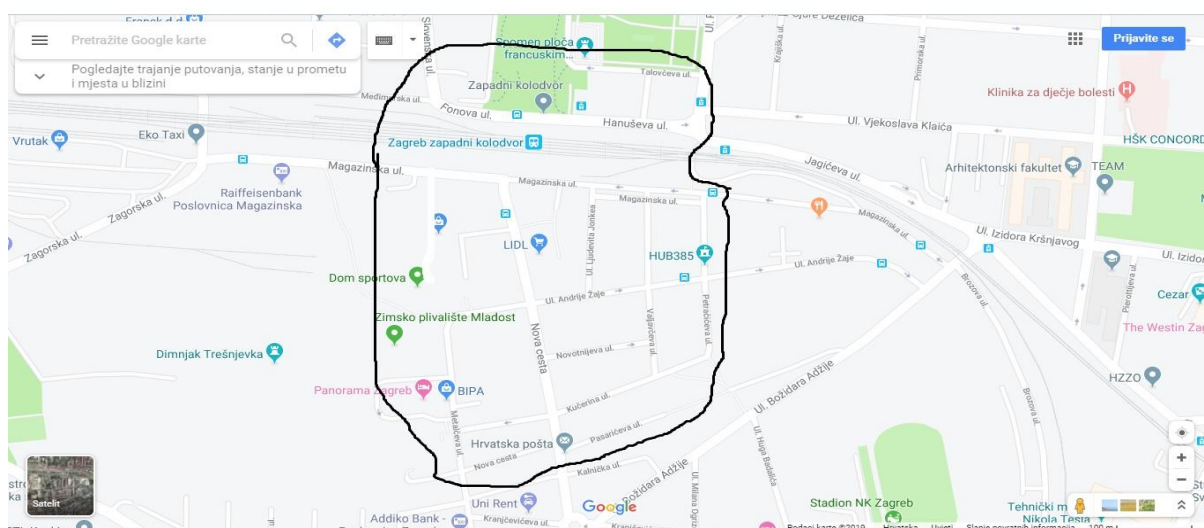
- linija 17 (Prečko – Borongaj) – prometuju od križanja Frankopanske ulice i Ilice do terminala Borongaj.



Slika 7. Trasa linije. Izvor: autor

Slika 7 prikazuje trasu linije 1 u prostornom okruženju. Prva stanica linije 1 smještena je uz željeznički Zapadni kolodvor te kao takva omogućuje putnicima koji su izašli iz vlaka i stanovnicima južno od pruge (Trešnjevka) brzi dolazak do centra grada i vezu s drugim linijama javnog prijevoza. Na Zapadnom kolodvoru postoji i jedno autobusno stajalište linije 146 (Reljkovićeva – Jankomir), ali ti putnici koriste tramvajske linije 6 i 11 jer su tramvaji učestaliji, a isto prolaze Trgom bana Josipa Jelačića.

Slika 8 odnosi se na gravitacijsko područje prvog stajališta na liniji 1 (Zapadni kolodvor). Za ostala stajališta procjenu je teško odrediti jer linija 1 prometuje s drugim linijama te se putnici ukrcavaju u prvo vozilo koje dođe na stajalište. Tablica 2 i Tablica 3 prikazuju nazive terminala i stajališta te duljine u metrima i kumulativne duljine u kilometrima.



Slika 8. Procjena gravitacijskog područja. Izvor: [14]

Tablica 2. Segmenti na liniji Zapadni kolodvor – Borongaj

<b>Indeks segmenta</b>	<b>Završno stajalište</b>	<b>Naziv stajališta</b>	<b>Duljina u metrima</b>	<b>Kumulativna u kilometrima</b>
001-BORO-01	ZAPKOL-090-S	Zapadni kolodvor	125	0.2
001-BORO-02	TRGDFT-000-S	Trg dr. Franje Tuđmana	495	0.6
001-BORO-03	BRITRG-090-S	Britanski trg	465	1.1
001-BORO-04	FRANKO-090-S	Frankopanska	510	1.6
001-BORO-05	TRGBJJ-090-S	Trg bana Josipa Jelačića	289	2.2
001-BORO-06	TRGHRV-135-S	Trg hrvatskih velikana	629	2.8
001-BORO-07	TRGZRF-090-S	Trg žrtava fašizma	386	3.2
001-BORO-08	SUBICE-090-S	Šubićeva	536	3.8
001-BORO-09	TUSKAN-045-S	Tuškanova	287	4.0
001-BORO-10	HEINZL-045-S	Heinzlova	319	4.4
001-BORO-11	SULEKO-045-S	Šulekova	281	4.7
001-BORO-12	HARAMB-045-S	Harambašićeva	317	5.0
001-BORO-13	SVETIC-090-S	Svetice	390	5.4
001-BORO-14	BOROIZ-135-S	Borongaj izlaz	438	5.8
001-BORO-15	BOROTE-325-X	Borongaj terminus	180	6.0

Tablica 3 Segmenti na liniji Borongaj – Zapadni kolodvor

<b>Indeks segmenta</b>	<b>Završno stajalište</b>	<b>Naziv stajališta</b>	<b>Duljina u metrima</b>	<b>Kumulativna u kilometrima</b>
001-ZAKO-01	SVETIC-270-S	Svetice	449	0.4
001- ZAKO -02	HARAMB-225-S	Harambašićeva	379	0.8
001- ZAKO -03	SULEKO-225-S	Šulekova	356	1.2
001- ZAKO -04	HEINZL-225-S	Heinzlova	465	1.6
001- ZAKO -05	TUSKAN-225-S	Tuškanova	136	1.8
001- ZAKO -06	SUBICE-270-S	Šubićeva	429	2.2
001- ZAKO -07	TRGZRF-270-S	Trg žrtava fašizma	312	2.5
001- ZAKO -08	TRGHRV-315-S	Trg hrvatskih velikana	418	2.9
001- ZAKO -09	TRGBJJ-270-S	Trg bana Josipa Jelačića	631	3.6
001- ZAKO -10	FRANKO-270-S	Frankopanska	570	4.1
001- ZAKO -11	BRITRG-225-S	Britanski trg	355	4.5
001- ZAKO -12	TRGDFT-270-S	Trg dr. Franje Tuđmana	567	5.1
001- ZAKO -13	TALOV-180-S	Talovčeva	416	5.5
001- ZAKO -14	ZAKOIZ-270-S	Zapadni kolodvor izlaz	182	5.7
001- ZAKO -15	ZAKOTE-180-X	Zapadni kolodvor terminus	85	6.7

U tablici šifre stajališta smjerovi su označeni s brojevima:

- 000 – sjever;
- 045 – sjeveroistok;

- 090 – istok;
- 135 – jugoistok;
- 180 – jug;
- 225 – jugozapad:
- 270 – zapad;
- 315 – sjeverozapad.

Također, kao slovne oznake uzete su

- S → stajalište koje nije terminus;
- T → terminus koji nema izmjenu putnika;
- X → terminus koji ima izmjenu putnika.

## 5.1 Terminali

Terminali su krajnje stanice na liniji na kojima vozila JGPP – a mijenjaju smjer kretanja. Naziv terminal u pravilu odgovara nazivu šireg područja kojemu gravitira ili nekom značajnijem odredištu / izvoru putničke prijevozne potražnje, kao primjerice škola, bolnica, željeznički kolodvor i sli. Terminali služe za izravnavanje vremenskih neravnomjernosti u kretanju vozila (zbog zastoja i zagušenja u prometu), a postiže se kraćim ili dužim čekanjima te kao točke za kontrolu točnosti kretanja vozila u odnosu na vozni red [2].



*Slika 9. Terminal Zapadni kolodvor. Izvor: autor*



Terminal koji je bliži centru grada ima oznaku A dok udaljeniji terminal ima oznaku B. Terminal A linije 1 je Zapadni kolodvor (Slika 9) dok je Borongaj terminal B. Linija 1 je jedina tramvajska linija koja koristi terminal Zapadni kolodvor. Na terminalu Zapadni kolodvor ne postoji izmjena putnika, već se ulasci i izlasci odvijaju na prvoj, odnosno zadnjoj stanici dok se na terminalu Borongaj putnici slobodno izmjenjuju.

Terminal Borongaj (Slika 10) ima veliko značenje jer je ujedno i tramvajski i autobusni terminal. Autobusne linije s terminala Borongaj prometuju prema istoku grada, a linije su 231 (Borongaj – Dubec) i 269 (Borongaj . Sesvetski Kraljevac). Tramvajske linije vode putnike pristigle autobusom do središta grada. Linije koje koriste terminal Borongaj su: 1(Zapadni kolodvor – Borongaj), 9 (Ljubljana – Borongaj) i 17(Prečko – Borongaj).



*Slika 10. Terminal Borongaj. Izvor: autor*

## 5.2 Stajališta

Stajalište na liniji javnog gradskog prijevoza je mjesto gdje se prometna sredstva zaustavljaju radi ulaska i izlaska putnika a mogu imati informativni stup, nadstrešnicu i sjedala. Postaje transfera su postaje za dviju ili više linija na kojima putnici mogu prelaziti između linija [1].

Linija 1 ima jedno vlastito stajalište, Zapadni kolodvor (Slika 11) dok su druga stajališta zapravo postaje transfera. U smjeru Borongaja najviše izmjena putnika događa se na stajalištima Zapadni kolodvor, Trg Bana Josipa Jelačića, Trg žrtava fašizma, Šubićeva i Borongaj. Razlog tome je veliki broj transfera s drugim tramvajskim linijama.



*Slika 11. Stajalište Zapadni kolodvor. Izvor: autor*

U smjeru B (Borongaj – Zapadni kolodvor) postoji jedno stajalište kojeg nema u smjeru A. Riječ je o stajalištu Talovčeva. To je karakteristično stajalište jer većina putnika izađe na njemu dok manji broj putnik izlazi na zadnjem stajalištu Zapadni kolodvor. Najveće izmjene su na stajalištima Borongaj, Šubićeva (Slika 12), Trg žrtava fašizma, Trg bana Josipa Jelačića i Trg dr. Franje Tuđmana.



*Slika 12 Stajalište Šubićeva. Izvor: autor*

### 5.3 Razmaci

Planiranje stajališta javnog gradskog prijevoza suočava se s dilemama kraćih i duljih razmaka između stajališta. Kraći razmaci između stajališta rezultiraju boljom pokrivenosti područja i time lakšom pristupačnošću za veći broj putnika te izazivaju manje prijevozne brzine i moguće veće zahtjeve glede voznog parka, kao i veće troškove izgradnje i održavanja stajališta. Duljim razmacima se postiže veća prometna brzina, ali se gubi profit jer prijevozna sredstva ne opslužuju stajališta te se gubi dio potencijalnih putnika. Međustajališna udaljenost se određuje tako da se promatra cijela linija, broj putnika koji ulaze i izlaze, kao i raspodjela putnika duž linije [15].

*Tablica 4. Međustajališna udaljenost u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva. Izvor: [15]*

Prijevozno sredstvo	Brzina u km/h	Međustajališna udaljenost
Autobus, trolejbus, tramvaj	16 – 23	250 – 550 m
Denivelirani tramvaj, autobus	21 – 23	600 – 15000 m
Metro	25 – 35	1000 – 1500 m
Gradska, prigradska željeznica	40 – 50	2500 – 3500 m

Tablica 4 pokazuje optimalnu udaljenost između stajališta više vrsta javnog prijevoza. Za tramvajski promet udaljenost između dvaju stajališta ne bi trebala biti manja od 250 te veća od 550 metara. U smjeru Borongaja ne postoje stajališta koja su udaljenija manje od 250 metara, ali postoje dva razmaka koji prelaze 550 metara:

- Frankopanska – Trg bana Josipa Jelačića – 589 metara;
- Trg bana Josipa Jelačića – Trg hrvatskih velikana – 629 metara.

U smjeru Zapadnog kolodvora postoji udaljenost između dva stajališta manja od 250 metara (Heinzlova – Tuškanova- 136 metara) te tri udaljenosti veće od 550 metara:

- Trg hrvatskih velikan – Trg bana Josipa Jelačića – 631 metar;
- Trg bana Josipa Jelačića – Frankopanska – 570 metara;
- Britanski trg – Trg dr. Franje Tuđmana – 567 metara.

Linija 1 većinom je odvojena od ostalog cestovnog prometa. Problem se javlja između stajališta Trga hrvatskih velikana i Trga žrtava fašizma jer dolazi u konflikt s osobnim automobilima u oba smjera. Zagušenje prometa javlja se u smjeru Borongaja na dijelu Ulice Franje Račkog ispred ulaska na kružni tok, posebno u vršnim satima. U smjeru Zapadnog kolodvora problem se javlja na semaforiziranom križanju ulice Franje Račkog sa Smičiklasovom ulicom te na semaforiziranom križanju Ilice s Ulicom Republike Austrije. Velikim brojem semaforiziranih raskrižja duž Zvonimirove ulice dolazi do pada brzine i povećanje vremena vožnje.



## 6 IZMJENA PUTNIKA I POPUNJENOST VOZILA

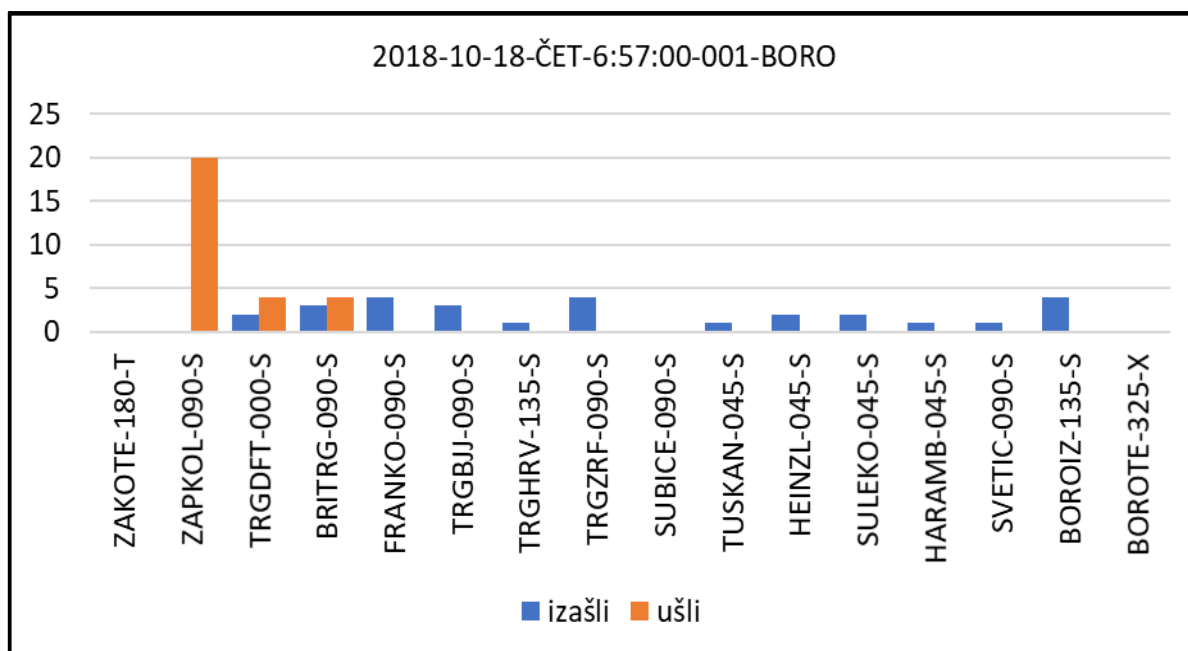
Na obrađenoj liniji 1 Zapadni kolodvor – Borongaj prometuje tramvaj Tatra KT4 (Slika 13) koji je zglobni dvodijelni tramvaj proizveden u Češkoj. Proizvodili su se u vremenu od 1967. do 1987. Vozilo ima četiri vrata, 25 sjedećih mjesta i stajaću površinu od 21.9 m<sup>2</sup>.



*Slika 13. Tramvaj ČKD Tatra KT4. Izvor: [16]*

### 6.1 Izmjena putnika

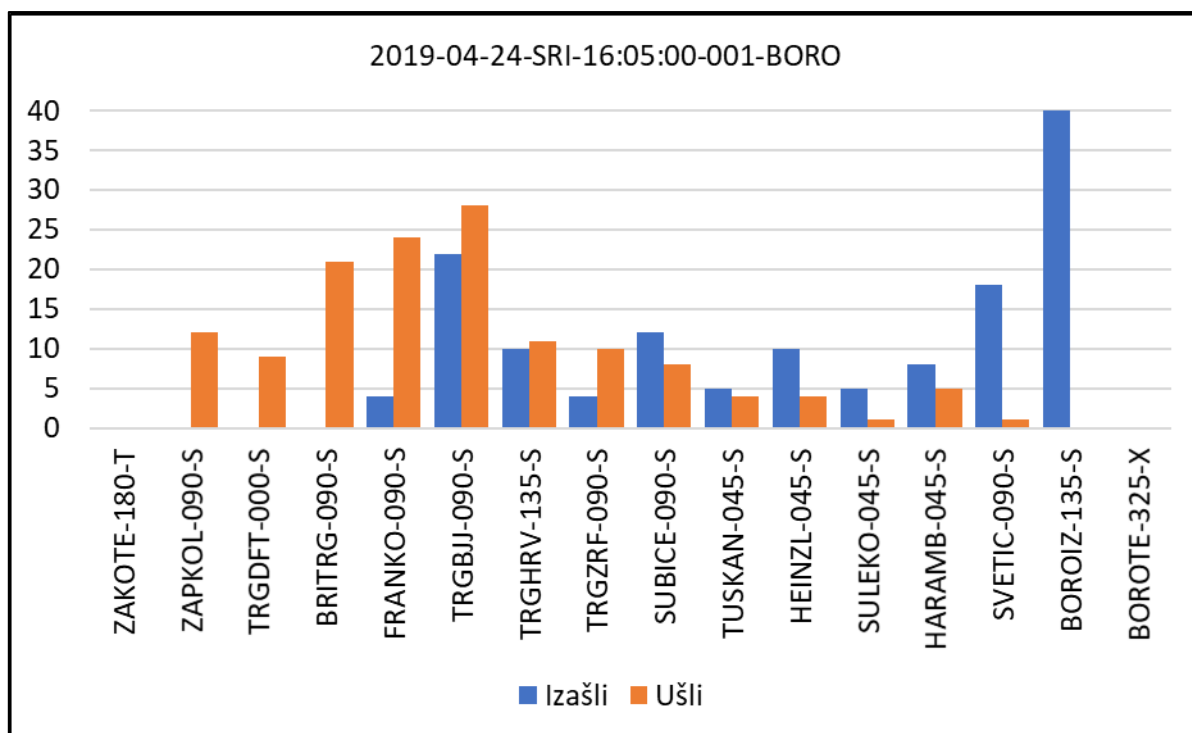
Izmjenom putnika, odnosno ulaskom i izlaskom putnika iz vozila, dobiju se podaci o protoku putnika na liniji. Slika 14 prikazuje izmjenu putnika u jutarnjem brojanju, dana 18.10.2018. u 06:57 u smjeru terminala Borongaj.



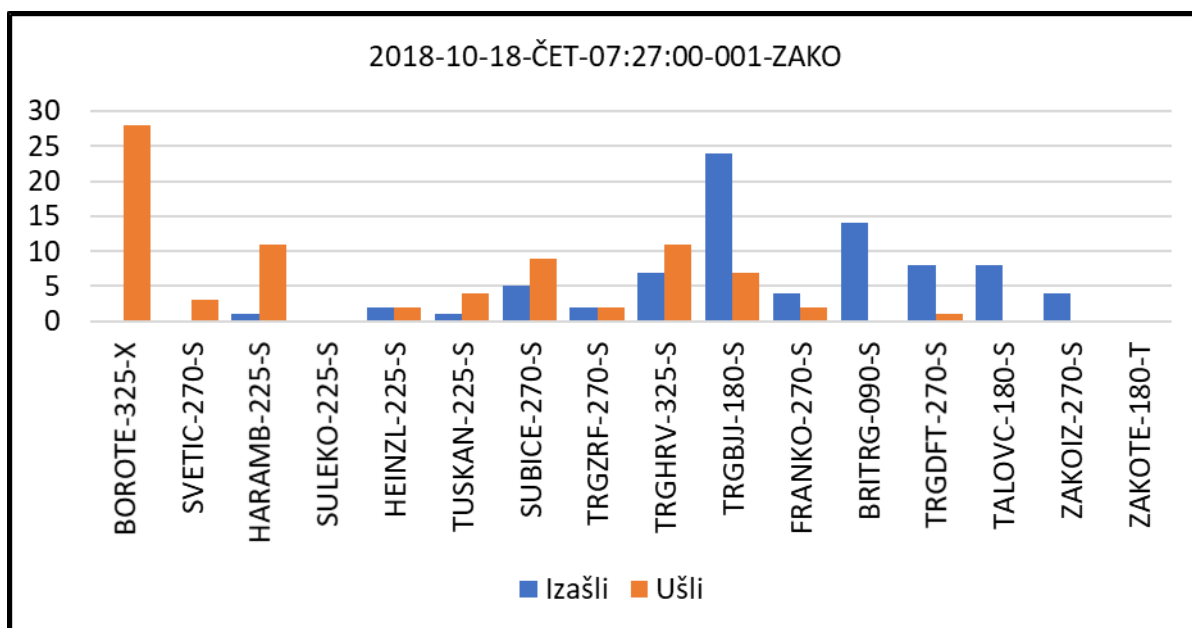
*Slika 14. Ušli i izašli putnici u jutarnjem vršnom opterećenju u smjeru terminala Borongaj.  
Izvor: autor*

Iz slike je vidljivo da su prvi putnici ušli na prvom stajalištu za ulazak putnika (Zapadni kolodvor) dok su neki putnici izašli već na sljedećem stajalištu (Trg dr. Franje Tuđmana) vjerojatno zbog transfera na druge linije (2, 6 ili 11). Do Trga bana Josipa Jelačića bilo je više putnika koji su ušli nego izašli iz vozila. Dok su putnici izlazili iz vozila na stajalištu Frankopanska, iz Frankopanske ulice u Ilicu je skrenula linija 17, koja prometuje istom rutom do terminala Borongaja. Od stajališta Frankopanska nema više ulazaka putnika u vozilo, što je vidljivo na slici, jer su putnici putovali linijom 17 do terminala Borongaj. Preostali putnici u liniji 1 ravnomjerno su izlazili na pojedinim stajalištima.

Slika 15 prikazuje brojanje putnika u popodnevnom vršnom opterećenju, dana 24.04.2019. u 16:02 u smjeru terminala Borongaj. Iz slike vidimo isključivo ulaske putnika na prva tri stajališta. Na stajalištu Frankopanska su prvi izašli putnici vjerojatno radi transfera na linije koje voze prema južnom dijelu grada. Najveća izmjena putnika dogodila se na Trgu bana Josipa Jelačića. Na sljedeća dva stajališta ušlih putnika je više nego izašlih, ali nakon toga broj izašlih putnika raste i dostiže maksimum na terminalu Borongaj gdje je izašlo 40 ljudi iz vozila. Putnici izašli na terminalu Borongaj, koji ne stanuju u blizini, vjerojatno nastavljaju svoje putovanje prema istoku grada autobusnim linijama koje voze s terminala.



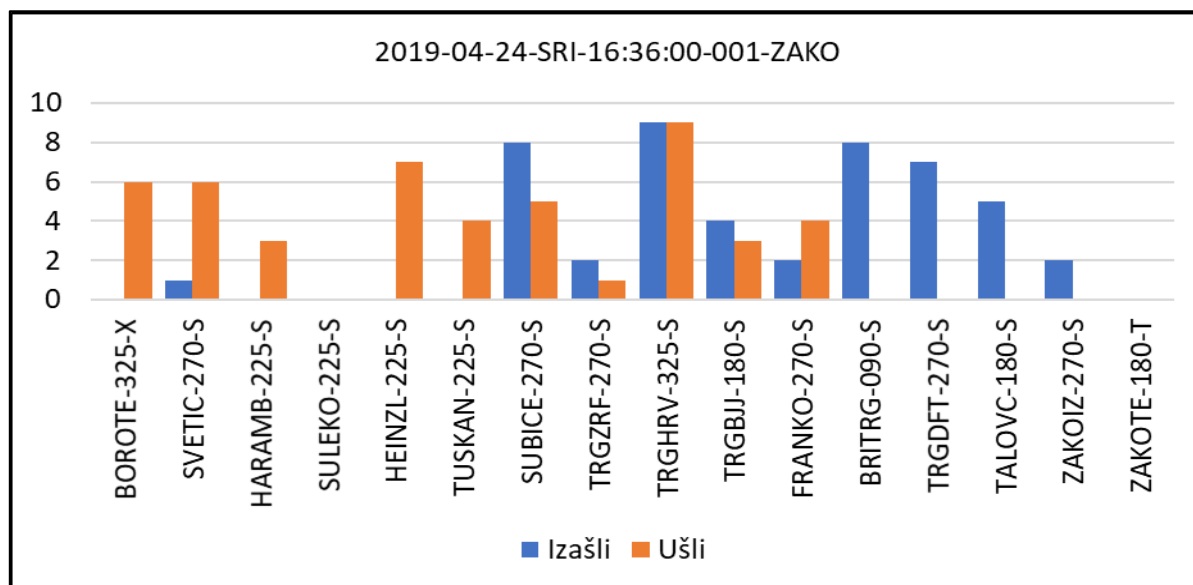
Slika 15. Ušli i izašli putnici u popodnevnom vršnom opterećenju u smjeru terminala Borongaj. Izvor: autor



Slika 16. Ušli i izašli putnici u jutarnjem vršnom opterećenju u smjeru terminala Zapadni kolodvor. Izvor: autor

Slika 16 prikazuje jutarnje vršno opterećenje u smjeru Zapadnog kolodvora. Putnici koji stanuju u blizini ili putnici izašli iz autobusa koriste terminal radi putovanja u središte grada ili do točaka transfera s drugim linijama. Na terminalu Borongaj i stajalištima Svetice i Harambašićeva vidimo ulazak većeg broja ljudi, uz tek jednog izašlog putnika. Prvi veći izlazak putnika dogodio se na stajalištu Šubićeva zbog transfera na linije koje prometuju prema

novom Zagrebu. Do Trga bana Josipa Jelačića ulasci i izlasci bili su ravnomjerni. Na Trgu bana Josipa Jelačića počinju masovniji izlasci putnika iz vozila, uz malo ulazaka. Izlasci se postepeno smanjuju do kraja poluobrt, odnosno do dolaska na terminal Zapadni kolodvor.



Slika 17. Ušli i izašli putnici u popodnevnom vršnom opterećenju u smjeru terminala Zapadni kolodvor. Izvor: autor

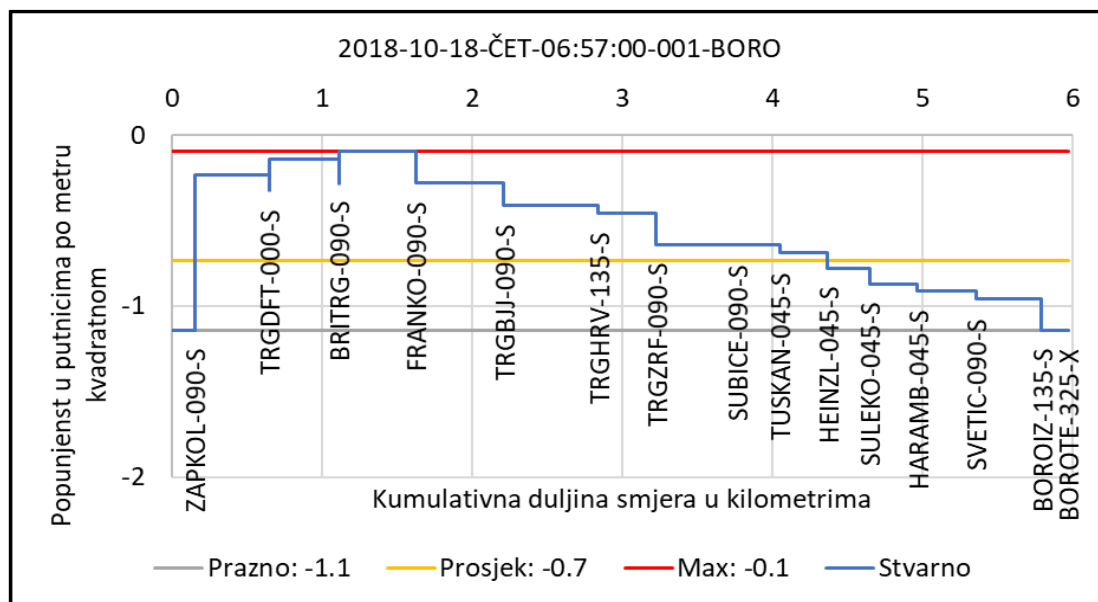
Slika 17 prikazuje ulaske i izlaske putnika u popodnevnom vršnom satu u smjeru Zapadnog kolodvora. Kao i u jutarnjem brojanju vidimo veće ulaske putnika uz mali broj izašli. Prvi veći izlazak putnika je na stanici Šubićeva zbog transfera u linije prema Novom Zagrebu. Na Trgu hrvatskih velikana je isti broj ušlih i izašlih putnika te se nakon toga izlasci povećavaju dok se ulasci smanjuju.

## 6.2 Popunjenost vozila

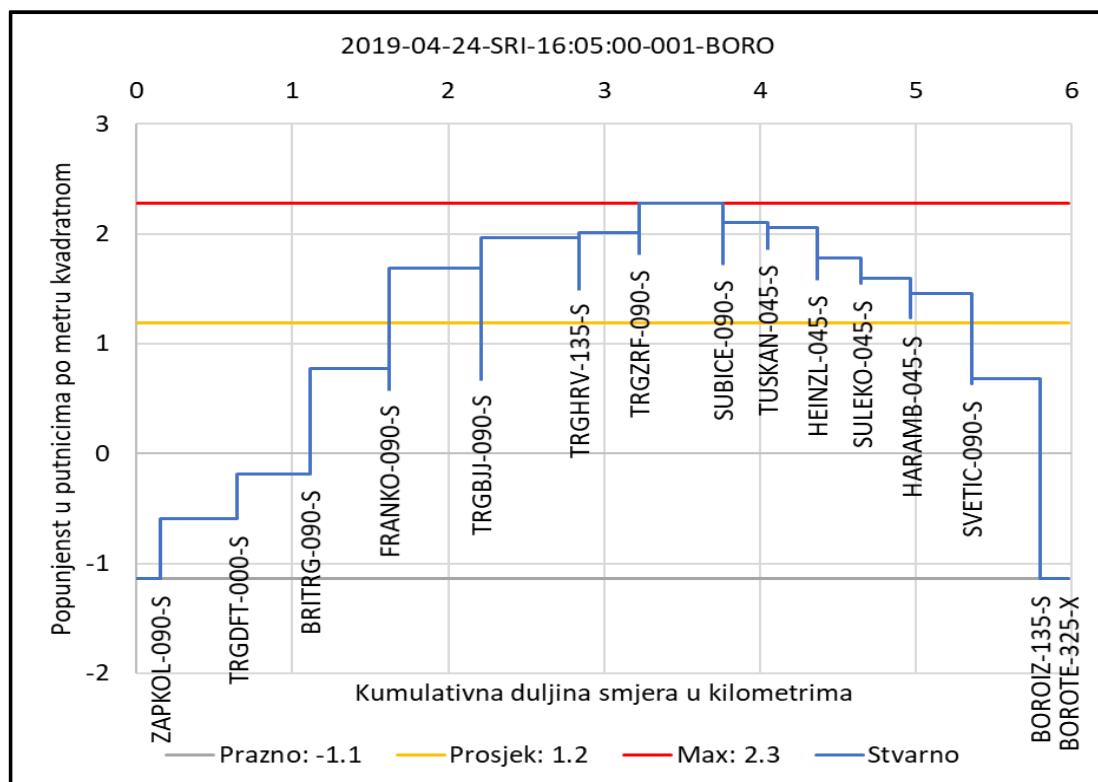
Slika 18 prikazuje popunjenost vozila s terminala Zapadni kolodvor prema Borongaju. Vidljivo je kako popunjenost raste do stajališta Britanski trg, na kojem popunjenost dostiže svoj maksimum. Na stajalištu Frankopanska popunjenost ravnomjerno pada jer zbog tramvaja linije 17, koja je prometovala ispred, nije bilo više ulazaka u vozilo linije 1. Popunjenost ni u kojem trenutku nije prešla 0, što znači da je bilo slobodnih sjedećih mjesta tijekom cijele vožnje.

Slika 19 prikazuje popunjenost u popodnevnom vršnom satu u smjeru Borongaja. Uz izlaske putnika iz vozila popunjenost raste te brzo popunjenost prelazi prosjek cijele vožnje. Na

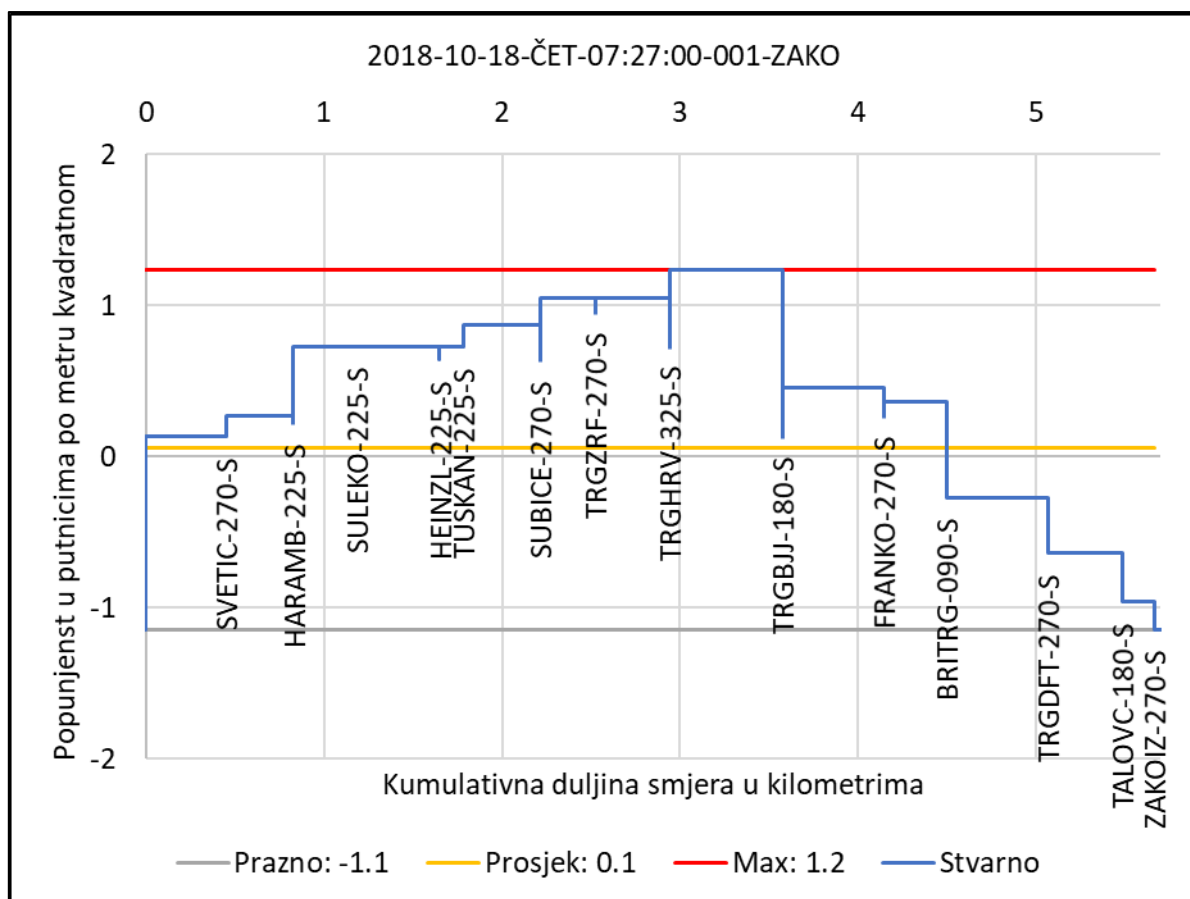
stajalištu Britanski trg sva sjedeća mjesta zauzeta. Maksimalna popunjenost vozila je nakon ukrcaja i iskrcaja putnika na stanici Trg žrtava fašizma. Popunjenost lagano pada daljnjom vožnjom uz popunjena sva sjedeća mjesta. Na terminalu Borongaj izlazi veliki broj putnika koji stanuju u okolici ili nastavljaju svoj put autobusnim linijama prema istoku grada.



Slika 18. Popunjenost vozila u jutarnjem vršnom opterećenju u smjeru Borongaja. Izvor: autor



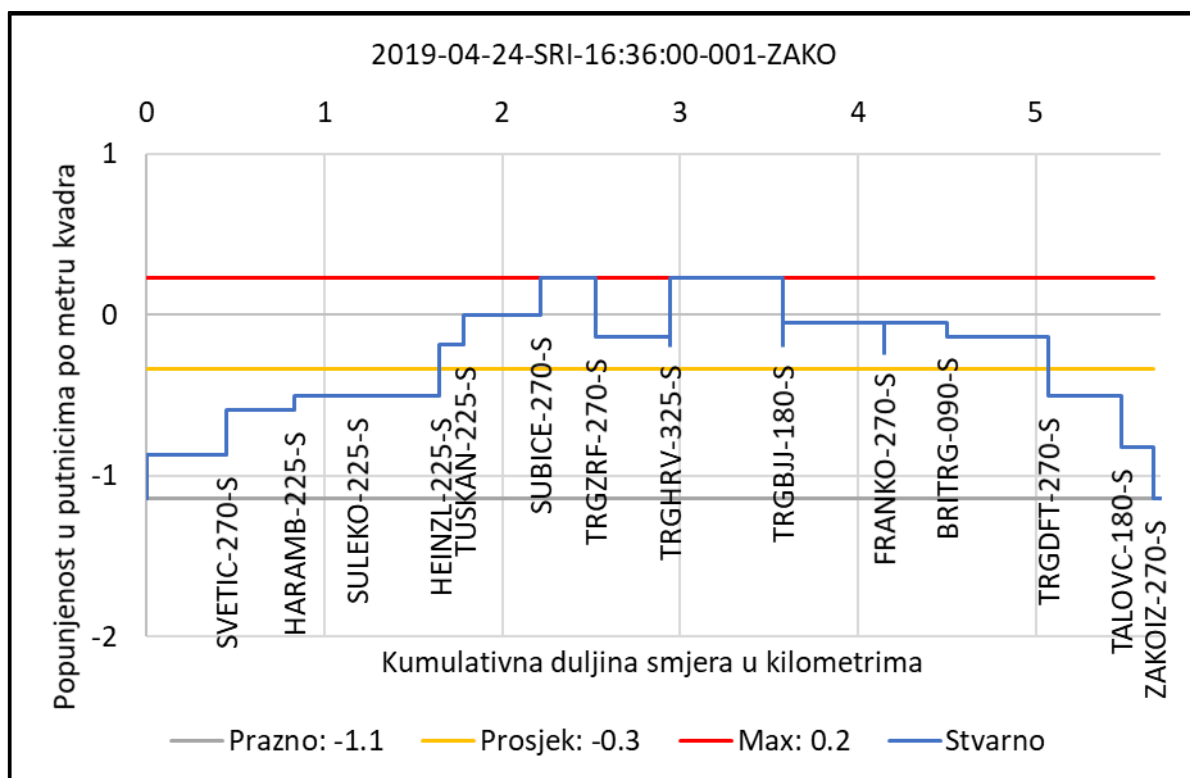
Slika 19. Popunjenost vozila u popodnevnom vršnom opterećenju u smjeru Borongaja. Izvor: autor



Slika 20. Popunjenost vozila u jutarnjem vršnom opterećenju u smjeru Zapadnog kolodvora.  
Izvor: autor

Slika 20 prikazuje popunjenost vozila u jutarnjem vršnom opterećenju s terminala Borongaj prema Zapadnom kolodvoru. Već na terminalu Borongaj su sva sjedeća mjesta zauzeta te je popunjenost veća od prosjeka popunjenosti cijele vožnje. Popunjenost blago raste na stajalištima. Maksimalna popunjenost postiže se nakon stajališta Trg hrvatskih velikana. Nakon stajališta Trg bana Josipa Jelačića popunjenost počne padati do terminala Zapadni kolodvor.

Slika 21 prikazuje popunjenost vozila u popodnevnom vršnom satu u smjeru Zapadnog kolodvora. Vozilo se postepeno popunjavalo putnicima te su se sva sjedeća mjesta popunila na stajalištu Tuškanova. Maksimum se postigao na sljedećem stanici Šubićeve. Na Trgu žrtava fašizma popunjenost blago pada, ali samo do Trga hrvatskih velikana gdje popunjenost opet dostiže maksimum. Popunjenost je pala ispod 0 nakon izlazaka putnika na Trgu bana Josipa Jelačića. Nastavkom vožnje popunjenost je blago pada na stajalištima Frankopanska i Britanski trg dok je veći pad zabilježen na stajalištima Trg dr. Franje Tuđmana, Talovčeva i Zapadni kolodvor.

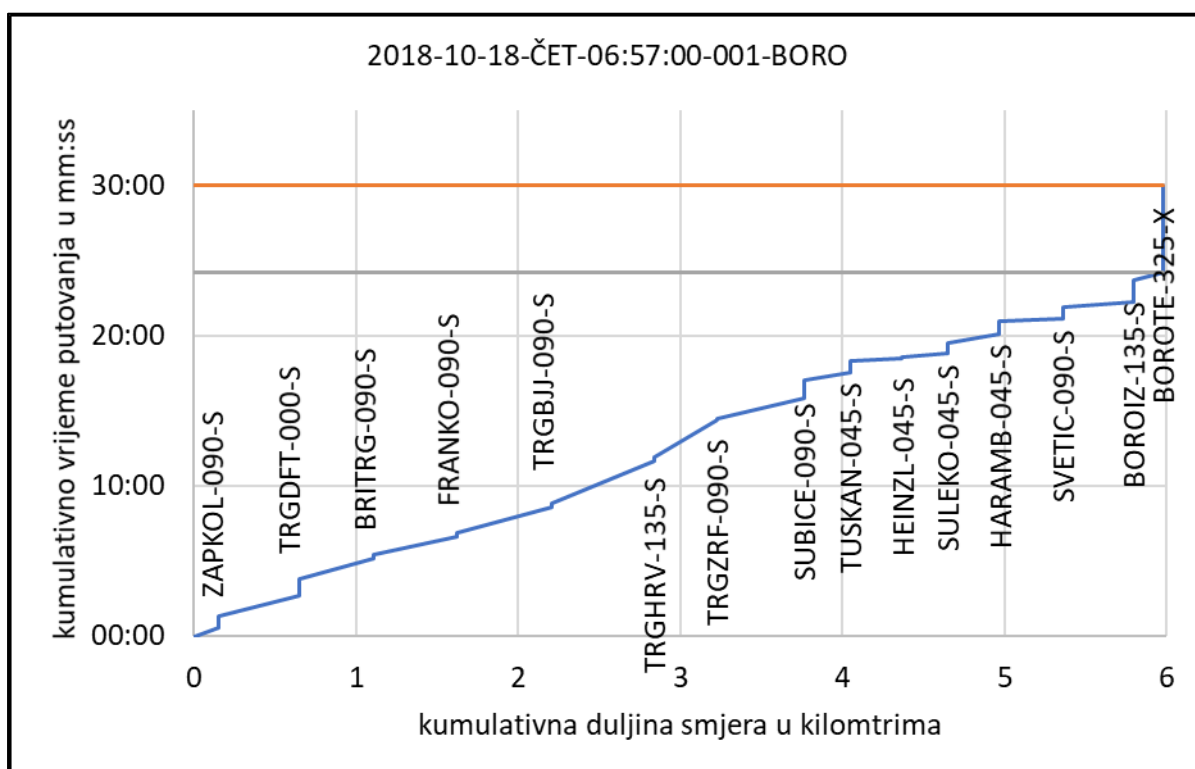


Slika 21. Popunjenost vozila u popodnevnom vršnom opterećenju u smjeru Zapadnog kolodvora. Izvor: autor



## 7 VREMENA U PRIJEVOZnom PROCESU

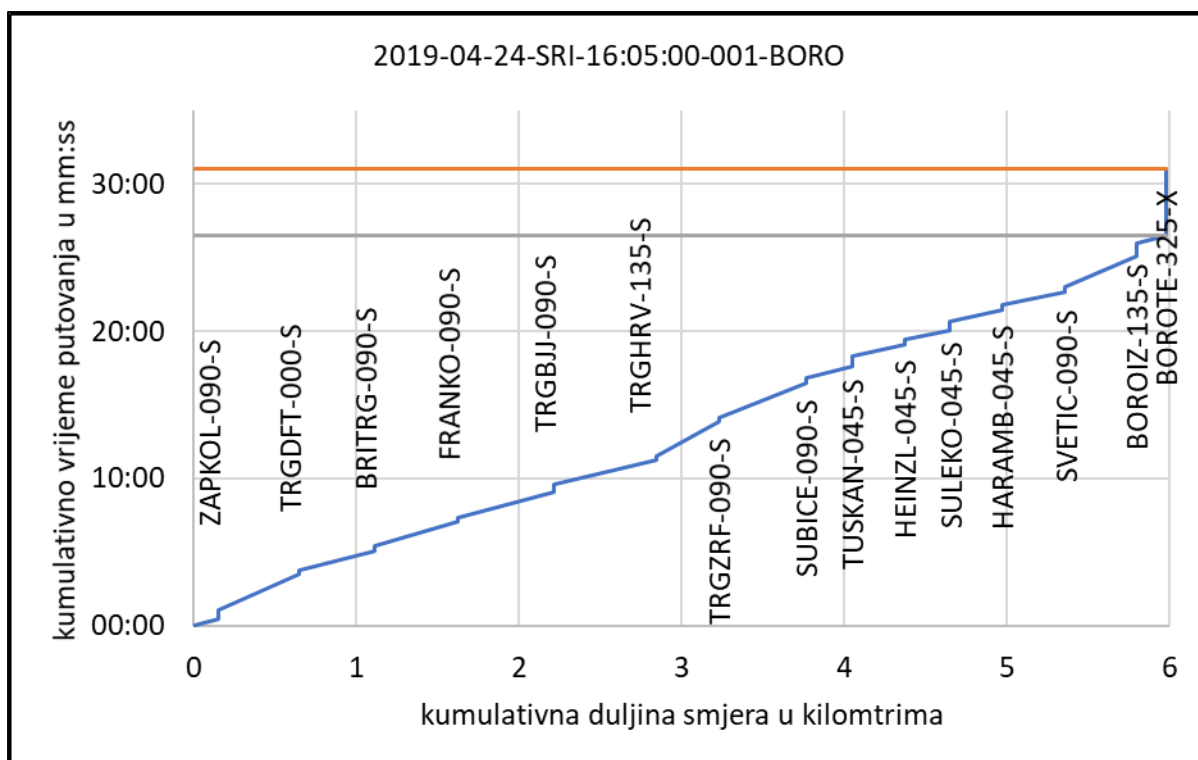
Nakon prikupljanja i obrade podataka analizirala su se vremena u prijevoznom procesu. Slika 22 prikazuje grafikon vremena putovanja iz smjera Zapadnog kolodvora prema Borongaju. Plava linija prikazuje vrijeme putovanja. Narančastim pravcem označeno je vrijeme poluobrta, a sivim vrijeme vožnje do terminala. U jutarnjem vršnom opterećenju nije bilo zagušenja te je vozilo došlo ranije na terminal i vozač je imao vrijeme za odmor.



Slika 22. Vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom satu u smjeru Borongaja. Izvor: autor

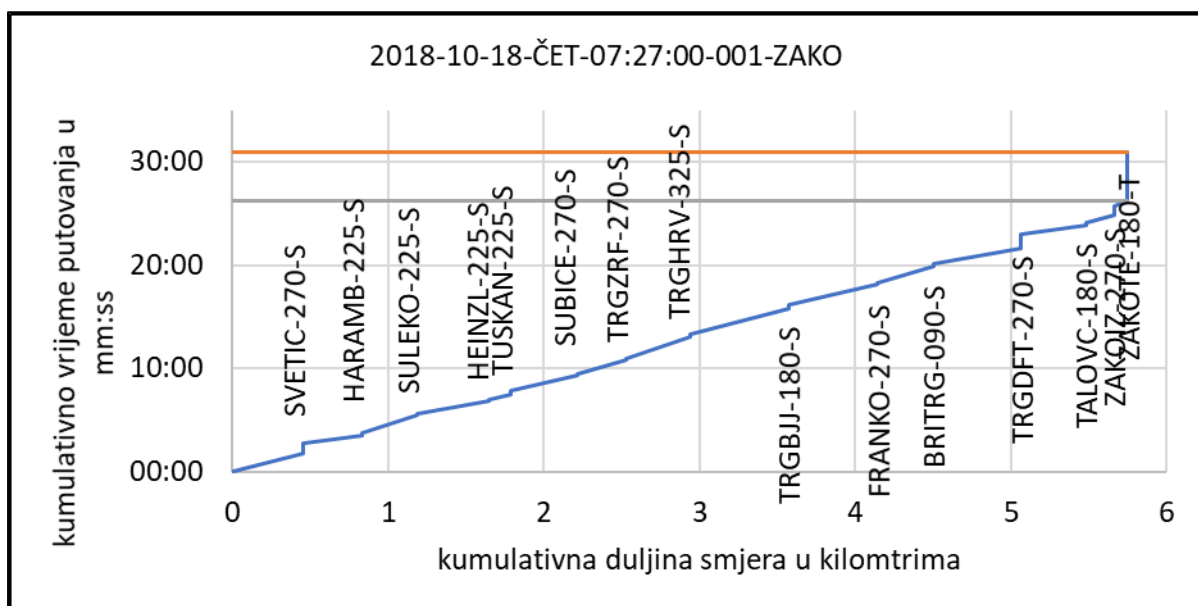
Slika 23 prikazuje grafikon vremena putovanja u popodnevnom vršnom opterećenju u smjeru Borongaja. Vozilo stiže prema voznom redu na terminal Borongaj. Nije bilo kašnjenja i repova čekanja. Vozač je mogao uzeti predah između vožnji i prema voznom redu krenuti prema Zapadnom kolodvoru.



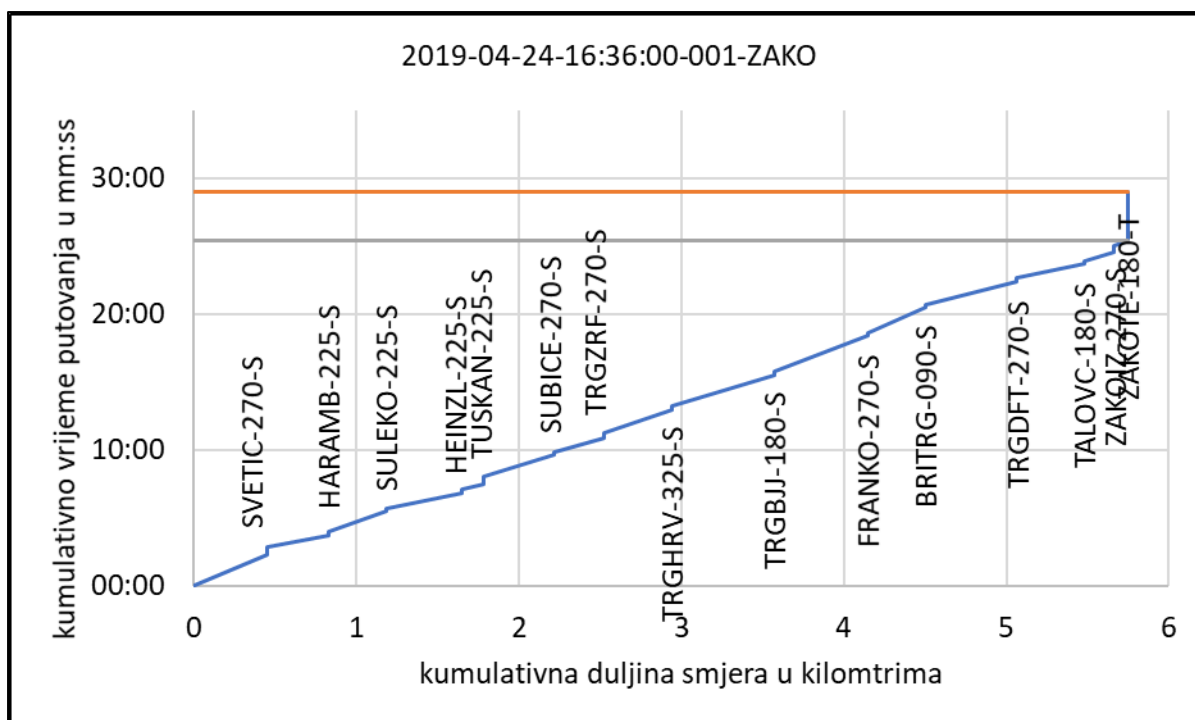


Slika 23. Vrijeme putovanja u popodnevnom vršnom satu u smjeru Borongaja. Izvor: autor

Slika 24 i Slika 25 prikazuju grafikone vremena putovanja u jutarnjem i popodnevnom vršnom opterećenju u smjeru Zapadnog kolodvora. Nije bilo vremenskih anomalija u jutarnjem i popodnevnom vršnom opterećenju. Vozila su bila unutar voznog reda. Vozači su imali pauze između vožnji jer nije bilo kašnjenja na putu.

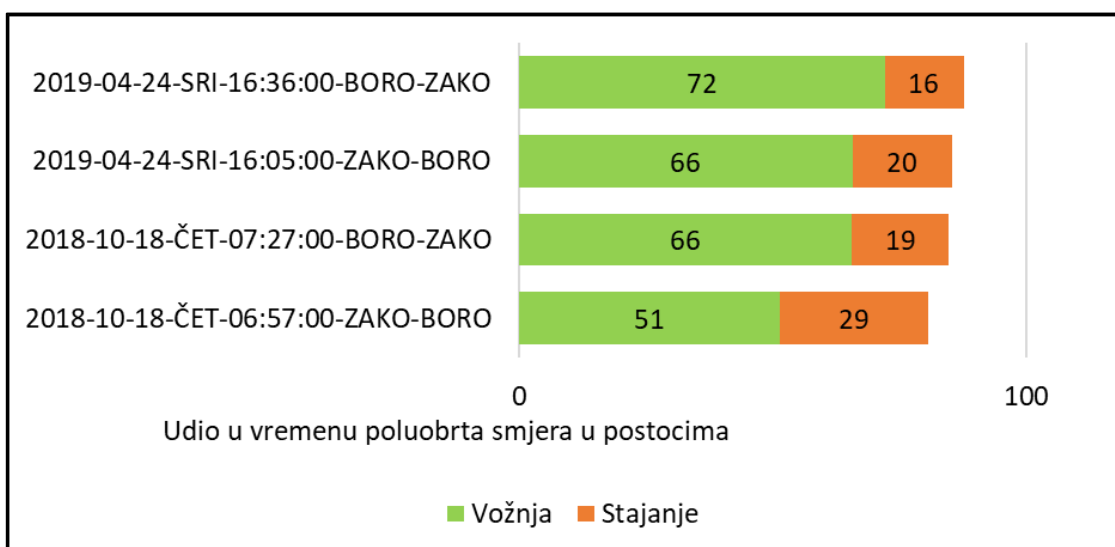


Slika 24. Vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom satu u smjeru Zapadnog kolodvora. Izvor: autor



Slika 25. Vrijeme putovanja u popodnevnom vršnom satu u smjeru Zapadnog kolodvora.  
Izvor: autor

Slika 26 prikazuje udio u vremenu poluoobrta smjera u postocima. U svim smjerovima udio nije prešao 100%, što znači da nije bilo kašnjenja. Vozači su uvijek imali vrijeme za odmor prije novog poluoobrta. Vozila su se pridržavala voznog reda. U jutarnjem vršnom opterećenju u smjeru Borongaja vidimo veći postotak stajanja zbog vozila linije 17 koje je prometovalo ispred linije 1. Linija 1 morala je čekati izmjenu putnika linije 17 što je rezultiralo većim vremenom stajanja.

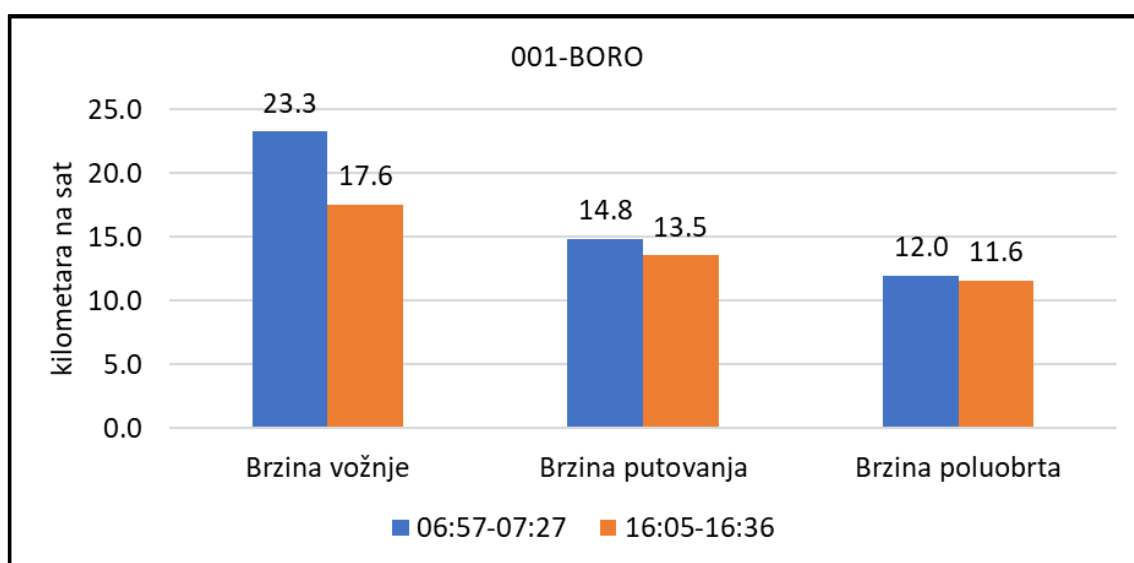


Slika 26. Udio vremena poluoobrta po smjerovima u postocima. Izvor: autor

## 8 BRZINE I PRIJEVOZNA PONUDA LINIJE

Obradom podataka prijevozne ponude linije analizirale su se i brzine na tramvajskoj liniji 1 Zapadni kolodvor – Borongaj. Brzine koje su se obradile su:

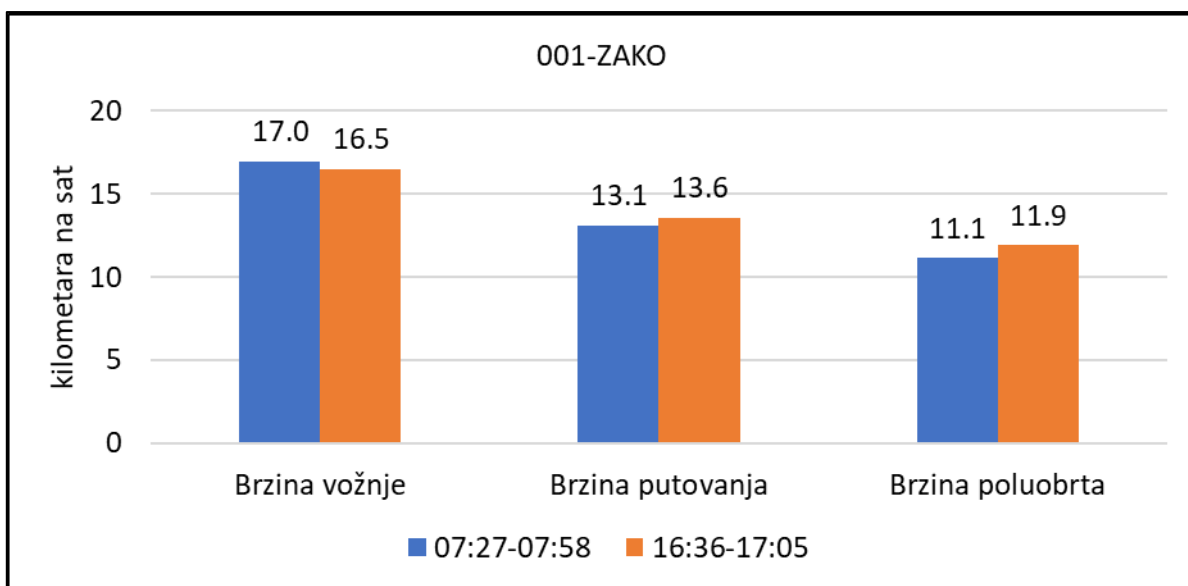
- brzina vožnje – predstavlja brzinu bez vremena stajanja vozila na stajalištu;
- brzina putovanja – uzima u obzir vrijeme provedeno na stajalištu;
- brzina poluobrta – uključuje vrijeme provedeno na terminalima.



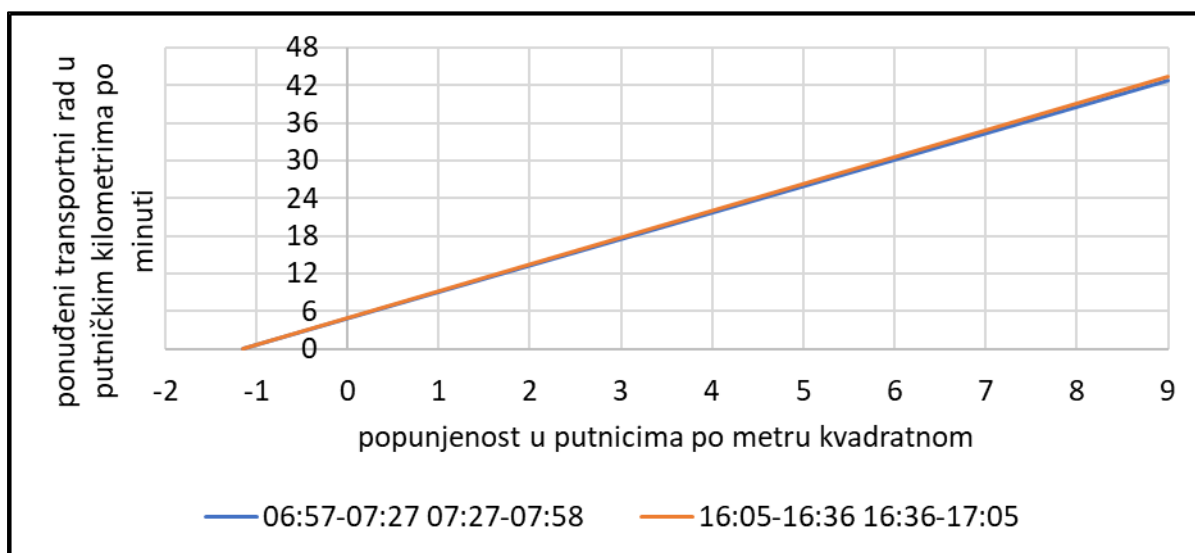
Slika 27. Brzine na liniji u smjeru Borongaja. Izvor: autor

Slika 27 prikazuje kako je brzina vožnje veća od brzina putovanja i poluobrta u smjeru terminala Borongaj. Iz grafa je vidljivo kako je u jutarnjem mjeranju brzina vožnje veća od brzine vožnje u popodnevnom mjeranju zbog toga što su bile kratke izmjene putnika zbog vozila linije 17. Male su razlike između brzina putovanja i poluobrta u jutarnjem i popodnevnom mjeranju. U jutarnjem mjeranju brzina vožnje prelazi prosječnu brzinu vožnje koja je između 16 km/h i 23 km/h.

Slika 28 prikazuje brzinu vožnje, putovanja i poluobrta iz smjera Borongaj prema Zapadnom kolodvoru u jutarnjem i popodnevnom mjeranju. Brzina vožnje je veća u jutarnjem vršnom opterećenju dok su brzina putovanja i brzina poluobrta veće u popodnevnom mjeranju. U jutarnjem vremenu vozilo je postizalo veće brzine između stajališta, ali je izmjena putnika tekla sporije. Brzine jutarnjeg i popodnevnog vršnog opterećenja u smjeru Zapadnog kolodvora nemaju znatne razlike.



Slika 28. Brzine na liniji u smjeru Zapadnog kolodvora. Izvor: autor



Slika 29. Prijevozni ponuđeni transportni rad u odnosu na popunjenost vozila. Izvor: autor

Za ponuđeni transportni rad u putničkim kilometrima po minuti uzima se šest putničkih kilometara po minuti jer je prikladno prikazati tu rezoluciju budući da se transportni rad može prikazati u putničkim kilometrima po sekundi i u putničkim kilometrima na sat što se ovakvom rezolucijom lako pretvara. To je 8 mjesto kilometara po minuti što govori koliko u jednoj minuti sva mjesta mogu ostvariti kilometara. 4 površinskih kilometara po minuti vozilo može realizirati što je pokazatelj kolika površina u jednoj minuti može ostvariti kilometara. Jutarnje i popodnevno vršno opterećenje ostvaruju približno jednaki transportni rad u odnosu na popunjenost putnika, stoga nam Slika 29 pokazuje dva pravca koji su približno identična.

## 9 ZAKLJUČAK

Analizom linije 1 utvrdilo se kako je linija koordinirana za učinkovito obavljanje usluge prijevoza putnika. U stalnoj je korelaciji s drugim tramvajskim linijama te određenim autobusnim linijama. Velikim brojem stajališta koja su ujedno i točke transfera putnici lako i ugodno uz jedno presjedanje dolaze do cilja putovanja. Linija 1 velikim je dijelom odvojena od automobilskeg prometa. Brojanjem putnika dobivaju se podaci o protoku putnika na liniji. Nema velike razlike u broju putnika između jutarnjeg i popodnevnog brojanja za vrijeme vršnog sata. Popunjenost vozila ni u kojem trenutku nije prešla 3 putnika po metru kvadratnom. Putnici stoje neometano uz povremene doticaje s drugim putnicima za vrijeme veće popunjenosti vozila. Vremena putovanja su u skladu s voznim redom. Vozač prilikom svake nove vožnje ima vremena za odmor. U jutarnjem i popodnevnom vršnom satu nije bilo kašnjenja što je svakako dobar znak. Brzine putovanje kreću se između 13.1 km/h i 14.8 km/h. Pad brzine zamijećen je u Ulici kralja Zvonimira u oba smjera zbog velikog broja semaforiziranih raskrižja.

Linija 1 je pomoćna linija i kao takva uspješno odrađuje zadaću rasterećenja linije 17 s Trga bana Josipa Jelačića u smjeru Borongaja i suprotno te linija 6 i 11 od Trga dr. Franje Tuđmana do Trga bana Josipa Jelačića. Poboljšanjem koordinacije linija koje prometuju prema Borongaju i suprotno izbjegle bi se vožnje polupraznog vozila te bi se putnicima smanjilo vrijeme čekanje na stajalištima. Koordinacijom semafora došlo bi do povećanja brzine. Zamjenom starih Tatra KT4 vozila s novim vozilima TMK 2300 povećao bi se broj korisnika zbog veće udobnosti putovanja.

## LITERATURA

- [1] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa 2, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2010.
- [2] M. Rajsman, Osnove tehnologije prometa Grdaski promet, Zagreb, 2012.
- [3] M. Ćosić i D. Šojat, »Osnove tehnologije prometa- gradski promet vježbe,« Fakultet prometnih znanosti, [Mrežno]. Available: [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/O/Osnove\\_tehnologije\\_prometa/Materijali/OTP\\_Gradski\\_promet\\_-\\_vjezbe\\_ozujak\\_2016.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/O/Osnove_tehnologije_prometa/Materijali/OTP_Gradski_promet_-_vjezbe_ozujak_2016.pdf). [Pokušaj pristupa 02 08 2019].
- [4] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa 1, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti , 2008.
- [5] *E/ECE/324 Regulation No. 36 - Uniform provisions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to their general construction*, 2008.
- [6] V. Vuchic, Urban Transit, Operations, Planning and Economics, New Jersey: John Wiley and Sons, 2005.
- [7] D. Salajec, Analiza utjecaja kvalitete prijevozne usluge na prijevoznu potražnju u javnom gradskom prijevozu, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2015.
- [8] Zagrebački električni tramvaj, »Mreža tramvajskih linija,« [Mrežno]. Available: <http://www.zet.hr/tramvajski-prijevoz/dnevene-linije/249>. [Pokušaj pristupa 03 08 2019].
- [9] Zagrebački električni tramvaj, »O nama,« [Mrežno]. Available: <http://www.zet.hr/o-nama/vozni-park/323>. [Pokušaj pristupa 03 08 2019].

- [10] Zagrebački električni tramvaj, »Tarifne zone,« [Mrežno]. Available: <http://www.zet.hr/UserDocsImages/Prilozi/PDF/zone%20i%20tarifna%20područja%20-4.10.2018..pdf>. [Pokušaj pristupa 03 08 2019].
- [11] Zagrebački električni tramvaj, [Mrežno]. Available: <http://www.zet.hr/aktualnosti/vijesti/produljenje-ili-izrada-pretplatnih-karata-za-ucenike-i-studente/499>. [Pokušaj pristupa 03 08 2019].
- [12] Zagrebački električni tramvaj, »Papirnat karte,« [Mrežno]. Available: <http://www.zet.hr/aktualnosti/vijesti/nove-vozne-karte-od-1-srpnja/1765>. [Pokušaj pristupa 03 08 2019].
- [13] D. Šojat, »Javni gradski prijevoz u funkciji održive urbane mobilnosti,« Fakultet prometnih znanosti, 24 09 2014. [Mrežno]. Available: [http://www.korema.hr/attachments/article/82/1\\_Javni%20gradski%20prijevoz%20u%20funkciji%20odrzive%20urbane%20mobilnosti.pdf](http://www.korema.hr/attachments/article/82/1_Javni%20gradski%20prijevoz%20u%20funkciji%20odrzive%20urbane%20mobilnosti.pdf). [Pokušaj pristupa 13 08 2019].
- [14] Google, »Google karte,« [Mrežno]. Available: <https://www.google.hr/maps/@45.8073539,15.9555254,16.5z?hl=hr>. [Pokušaj pristupa 14 08 2019].
- [15] M. Uravić, Usporedba načina prijevoza putnika u javnom gradskom prometu, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2015.
- [16] Picbear, »Piceabr,« 2018. [Mrežno]. Available: <https://www.picbear.org/media/BqhV10eFUgE>. [Pokušaj pristupa 15 08 2019].

## POPIS SLIKA I TABLICA

Slika 1. Shematski prikaz klasifikacije linija JGP-a. Izvor [2] .....	2
Slika 2. Mreža tramvajskih linija. Izvor: [8] .....	7
Slika 3. Tarifne zone. Izvor: [10] .....	8
Slika 4. Pretplatna karta. Izvor: [11] .....	9
Slika 5. Papirnate karte. Izvor: [12] .....	10
Slika 6. Korišteni lokator GPS signala. Izvor: [13] .....	11
Slika 7. Trasa linije. Izvor: autor .....	13
Slika 8. Procjena gravitacijskog područja. Izvor: [14] .....	13
Slika 9. Terminal Zapadni kolodvor. Izvor: autor .....	15
Slika 10. Terminal Borongaj. Izvor: autor .....	16
Slika 11. Stajalište Zapadni kolodvor. Izvor: autor .....	17
Slika 12 Stajalište Šubićeva. Izvor: autor .....	18
Slika 13. Tramvaj ČKD Tatra KT4. Izvor: [16] .....	20
Slika 14. Ušli i izašli putnici u jutarnjem vršnom opterećenju u smjeru terminala Borongaj. Izvor: autor .....	21
Slika 15. Ušli i izašli putnici u popodnevnom vršnom opterećenju u smjeru terminala Borongaj. Izvor: autor .....	22
Slika 16. Ušli i izašli putnici u jutarnjem vršnom opterećenju u smjeru terminala Zapadni kolodvor. Izvor: autor .....	22
Slika 17. Ušli i izašli putnici u popodnevnom vršnom opterećenju u smjeru terminala Zapadni kolodvor. Izvor: autor .....	23
Slika 18. Popunjenost vozila u jutarnjem vršnom opterećenju u smjeru Borongaja. Izvor: autor .....	24
Slika 19. Popunjenost vozila u popodnevnom vršnom opterećenju u smjeru Borongaja. Izvor: autor .....	24
Slika 20. Popunjenost vozila u jutarnjem vršnom opterećenju u smjeru Zapadnog kolodvora. Izvor: autor .....	25
Slika 21. Popunjenost vozila u popodnevnom vršnom opterećenju u smjeru Zapadnog kolodvora. Izvor: autor .....	26



Slika 22. Vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom satu u smjeru Borongaja. Izvor: autor .....	27
Slika 23. Vrijeme putovanja u popodnevnom vršnom satu u smjeru Borongaja. Izvor: autor	28
Slika 24. Vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom satu u smjeru Zapadnog kolodvora. Izvor: autor.....	28
Slika 25. Vrijeme putovanja u popodnevnom vršnom satu u smjeru Zapadnog kolodvora. Izvor: autor.....	29
Slika 26. Udio vremena poluobrtu po smjerovima u postocima. Izvor: autor .....	29
Slika 27. Brzine na liniji u smjeru Borongaja. Izvor: autor .....	30
Slika 28. Brzine na liniji u smjeru Zapadnog kolodvora. Izvor: autor.....	31
Slika 29. Prijevozni ponuđeni transportni rad u odnosu na popunjenost vozila. Izvor: autor	31
Tablica 1. Dojam popunjenosti vozila za putnike Izvor: [6] .....	6
Tablica 2. Segmenti na liniji Zapadni kolodvor – Borongaj .....	14
Tablica 3 Segmenti na liniji Borongaj – Zapadni kolodvor .....	14
Tablica 4. Međustajališna udaljenost u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva. Izvor: [15]..	18



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ završnog rada  
pod naslovom **Analiza tramvajske linije 1 Zapadni kolodvor - Borongaj u Zagrebu**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 02.09.2019.

Borna Bagović  
(potpis)